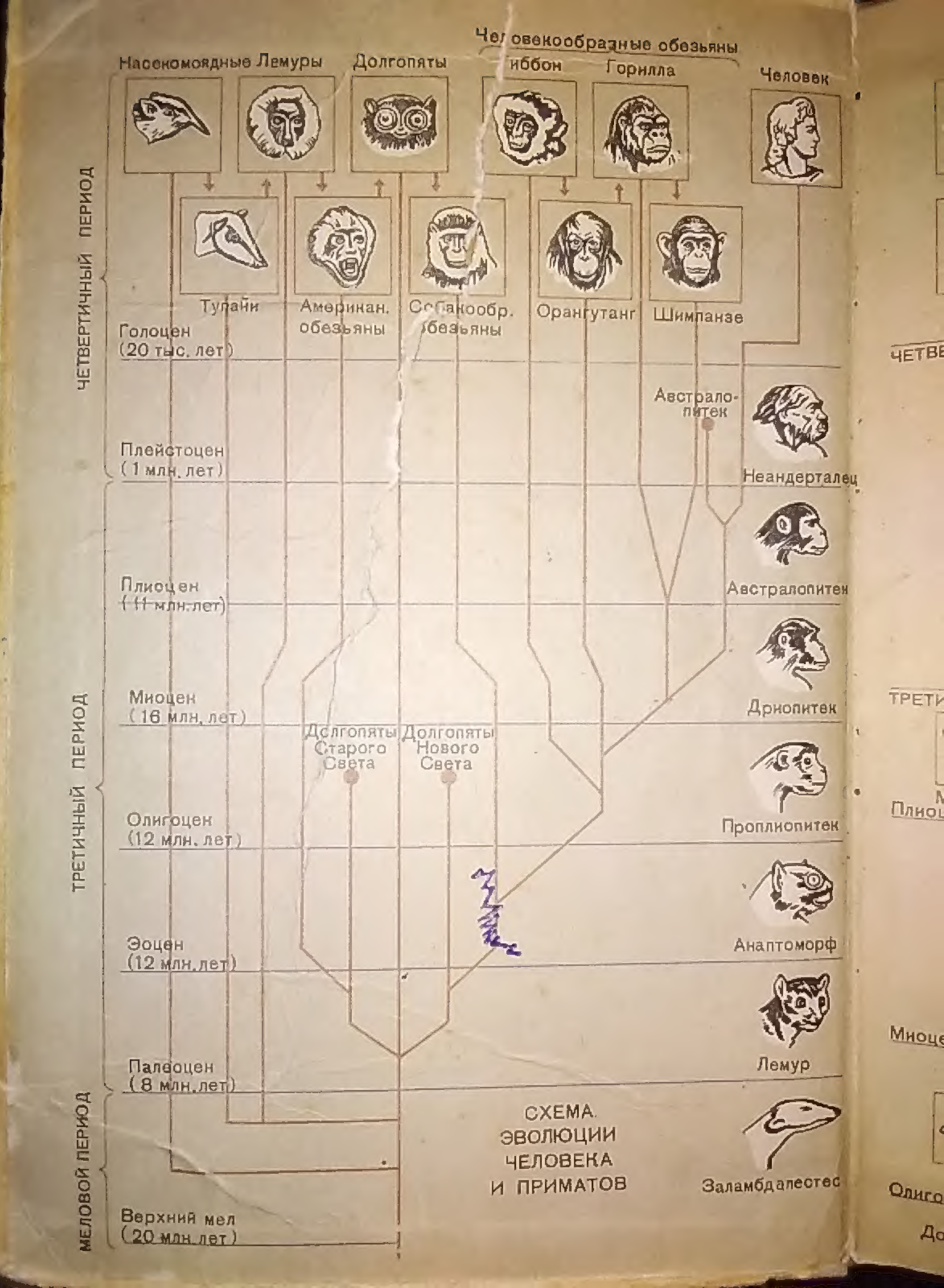
ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

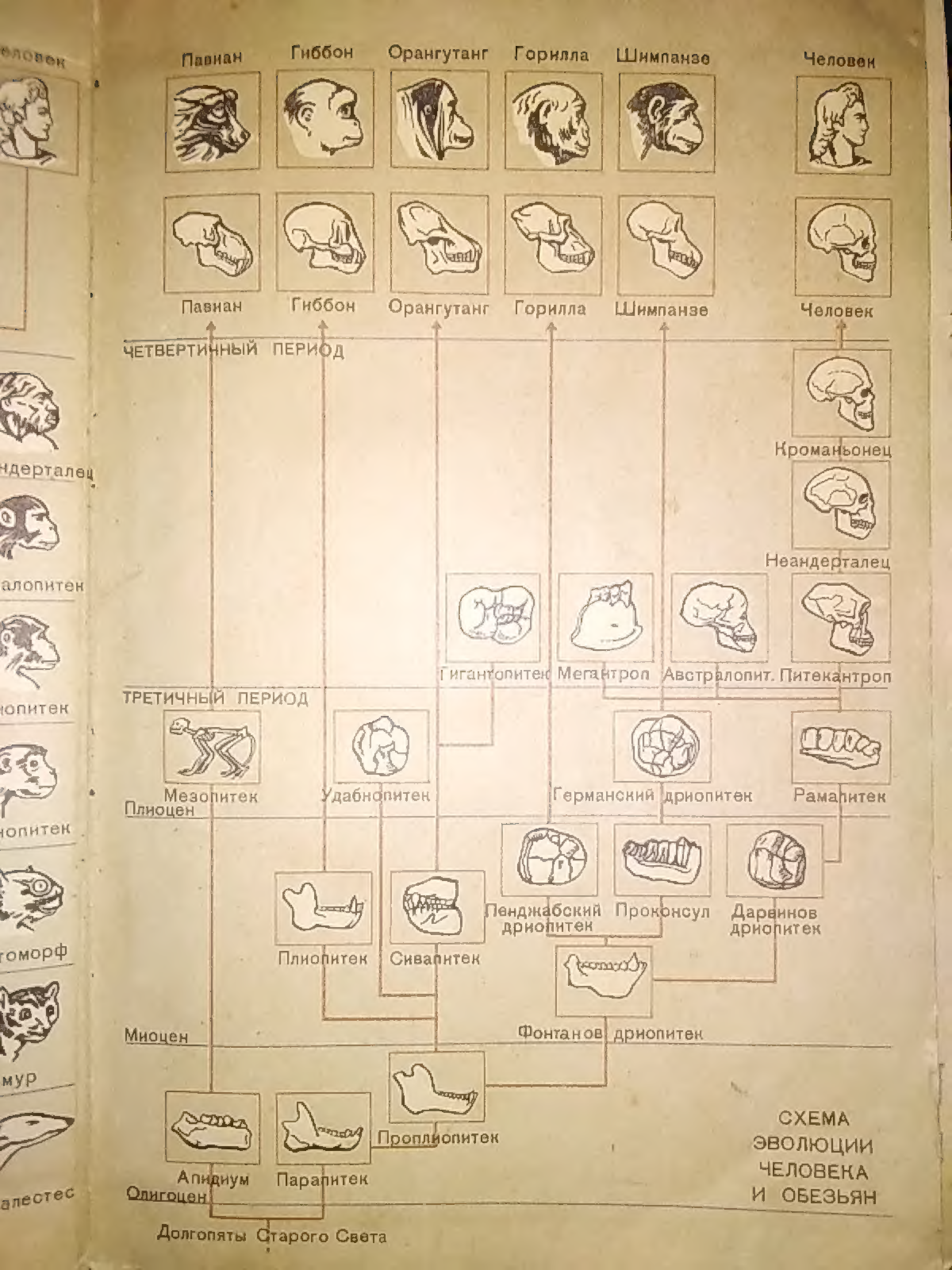









Человекообразные обезьяны
Насекомоядные
Лемуры
Долгопяты
Гиббон
Горилла
Человек
Тупайи
Американ. обезьяны
Собакообр. обезьяны
Орангутанг
Шимпанзе
ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ ПЕРИОД
Голоцен (20 тыс. лет)
Австралопитек
Плейстоцен (1 млн. лет)
Неандерталец
Плиоцен (11 млн. лет)
Австралопитек
Дриопитек
Миоцен (16 млн. лет)
Долгопяты Старого Света
Долгопяты Нового Света
ТРЕТИЧНЫЙ ПЕРИОД
Олигоцен (12 млн. лет)
Проплиопитек
Анаптоморф
Эоцен (12 млн. лет)
Лемур
Палеоцен (8 млн. лет)
МЕЛОВОЙ ПЕРИОД
СХЕМА ЭВОЛЮЦИИ ЧЕЛОВЕКА И ПРИМАТОВ
Заламбдалестес
Верхний мел (20 млн. лет)


еловек
ндерталец
алопитек
нопитек
нопитек
томорф
мур
алестес
Павиан
Гиббон
Орангутанг
Горилла
Шимпанзе
Человек
Павиан
Гиббон
Орангутанг
Горилла
Шимпанзе
Человек
ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ ПЕРИОД
Кроманьонец
Неандерталец
Гигантопитек
Мегантроп
Австралопит.
Питекантроп
ТРЕТИЧНЫЙ ПЕРИОД
Мезопитек
Удабнопитек
Германский дриопитек
Рамапитек
Плиоцен
Пенджабский дриопитек
Проконсул
Дарвинов дриопитек
Плиопитек
Сивапитек
Фонтанов дриопитек
Миоцен
Проплиопитек
Апидиум
Парапитек
Олигоцен
Долгопяты Старого Света
СХЕМА
ЭВОЛЮЦИИ
ЧЕЛОВЕКА
И ОБЕЗЬЯН

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

Ю. И. ПОЛЯНСКИЙ,
А. Д. БРАУН,
Н. М. ВЕРЗИЛИН,
А. С. ДАНИЛЕВСКИЙ,
Л. Н. ЖИНКИН,
В. М. КОРСУНСКАЯ,
К. М. СУХАНОВА

Под редакцией профессора
Ю. И. ПОЛЯНСКОГО

УЧЕБНИК
для IX и X классов

Утвержден
Министерством
просвещения
СССР

ИЗДАТЕЛЬСТВО
«ПРОСВЕЩЕНИЕ»
Москва 1970

Учебник написан коллективом авторов, работа между которыми распределялась следующим образом: канд. пед. наук В. М. Корсунской принадлежат главы «Общая характеристика биологии в додарвиновский период», «Учение Ч. Дарвина об эволюции органического мира», «Доказательства эволюции органического мира», «Развитие органического мира», «Происхождение человека»; докт. биол. наук А. Д. Брауном и докт. биол. наук К. М. Сухановой написано «Учение о клетке»; А. Д. Брауном — «Происхождение и начальное развитие жизни на Земле»; проф. Л. Н. Жинкиным — «Размножение и индивидуальное развитие организмов»; проф. Ю. И. Полянским — Введение и «Основы генетики и селекции»; проф. А. С. Данилевскому принадлежит глава «Организм и среда»; чл.-корр. АПН СССР Н. М. Верзилину — «Биосфера и человек».

Общая редакция книги осуществлена проф. Ю. И. Полянским.

Юрий Иванович Полянский
Александр Давыдович Браун
Николай Михайлович Верзилин
Александр Сергеевич Данилевский
Лев Николаевич Жинкин
Вера Михайловна Корсунская
Ксения Мироновна Суханова

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

Редактор *И. Н. Соловьева*. Редактор карт *К. Ф. Зайцева*. Художник *Б. Л. Николаев*. Художественный редактор *А. В. Сафонов*. Технические редакторы *Е. К. Полукарова*, *В. Ф. Коскина*. Корректор *Т. И. Крысанова*. Сдано в набор 19/XI 1969 г. Подписано к печати 25/II 1970 г. 60X90[1]/[16]. Бум. типогр. № 2. Печ. л. 21,0 + вкл. 1 п. л. Уч.-изд. л. 25,38 + вкл. 1,07. Тираж 1000 тыс. экз. Тем. пл. 1970 г. А11531 Издательство «Просвещение» Комитета по печати при Совете Министров РСФСР. Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41. Саратовский полиграфический комбинат Росглавполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров РСФСР. Саратов, ул. Чернышевского, 59. Заказ № 516
Цена без переплета 51 коп., переплет 7 коп.

6-6

Введение

Всестороннее изучение живых организмов, исследование явлений жизни составляют предмет биологических наук. В курсе ботаники изучались растительные организмы — их строение, отправления, многообразие. В этом же курсе вы познакомились и с микроорганизмами, играющими важную роль в жизни природы и человека. Курс зоологии был посвящен миру животных. Позднее вы изучали строение и функции человеческого тела. Знание основ этих биологических наук необходимо для понимания окружающей нас природы. Они важны также и для практической деятельности человека. Растения и животные — объекты сельскохозяйственного производства. Без знания анатомии и физиологии не может развиваться медицина, призванная охранять здоровье и жизнь человека.

Все перечисленные выше биологические науки изучают многообразие строения и функций живых организмов. Как ни разнообразны объекты и процессы, изучаемые биологией, их объединяет одно общее, присущее всем им свойство жизни. Этим они коренным образом отличаются от тел неживой природы: горных пород, минералов и т.п.

Но что такое жизнь? Чем живое отличается от неживого? Каковы наиболее общие свойства, присущие всем живым организмам?

Ответ на эти вопросы и составляет одну из задач **общей биологии** — науки, изучающей основные и общие для всех организмов закономерности жизненных явлений.

Жизнь — это очень сложное и качественно своеобразное явление материального мира, которому нельзя в силу его большого многообразия дать краткое и вместе с тем исчерпывающее определение, подобно тому как это делается в отношении некоторых элементарных математических понятий. О сущности жизни нам придется говорить в этой книге много раз.

…чение многих веков ученые не могли разрешить «загадку жизни» и в бессилии останавливались перед нею. Для прошлого биологии характерны попытки понять и определить сущность жизни, исходя из признания ее нематериальной природы. Многие ученые XVIII и XIX веков считали, что своеобразие явлений жизни определяется наличием в организмах некоторого нематериального, духовного начала, которое они называли «жизненной силой». Именно она и определяет, по их мнению, все основные свойства организмов, и в первую очередь целесообразность их строения и их приспособленность к условиям существования. Это направление получило название витализма (vis vitalis — «жизненная сила», *лат.*). По существу своему витализм ведет к отказу от познания жизни, а «жизненная сила» есть не что иное, как божественное начало. В нематериальном начале — «жизненной силе» — виталисты видят основное качественное отличие живого от неживого. Таким образом, витализм ведет нас к идеалистическому пониманию сущности жизни.

Успехи биологии в XIX веке и открытие Ч. Дарвином закона исторического развития органического мира заставили большую часть биологов отказаться от витализма и искать решение основных биологических проблем путем познания материальных основ жизни

В этой книге изложены главные достижения общей биологии в познании основных материальных законов жизни.

Органический мир не остается неизменным. Со времени появления жизни на Земле он непрерывно развивается в силу естественных материальных причин. Познание законов исторического развития (эволюции) органического мира — одна из центральных, основных задач общей биологии.

Во всем огромном многообразии мира растений, животных и микроорганизмов обнаружено единство их строения. Оно заключается в том, что в основе строения и развития почти всех организмов лежит биологическая структурная единица — клетка. Единство структуры организмов — одна из важных общебиологических закономерностей, указывающих на общность происхождения органического мира. Изучение структуры и функции клетки — важная задача общей биологии. При изучении клетки особый интерес и значение представляет ее размножение, обеспечивающее материальную преемственность жизни.

Какими путями в длинном ряду поколений клеток и организмов повторяются признаки вида? В чем заключается механизм явления наследственности? В разрешении этой кардинальной проблемы успехи биологии за последнее десятилетие особенно велики. Ученым удалось раскрыть тонкий молекулярный механизм, лежащий в основе замечательной способности клеток и организмов к воспроизведению себе подобных. Эти открытия, находящиеся на границе биологии, химии и физики, можно по их значимости поставить в один ряд с крупнейшими достижениями физики в изучении структуры атома.

Каждый организм тесно связан с окружающей его средой, вне которой он не может существовать. Между организмом и средой осуществляется непрерывный обмен веществ и энергии. При этом орга-

низмы обнаруживают замечательную способность к саморегуляции. Это выражается в том, что организм, пока он жив, сохраняет свое строение, химический состав, физические свойства. Хорошо известно, например, что температура тела теплокровных животных независимо от изменений температуры окружающей среды остается постоянной. Амебы, живущие в пресной воде, сохраняют постоянными физические свойства протоплазмы, состав солей, осмотическое давление внутри клетки. Этот одноклеточный организм весьма совершенно регулирует обмен веществ и энергии, сохраняя свою целостность.

Вопрос о механизмах саморегуляции отдельных клеток и целых организмов представляет собой одну из проблем общей биологии.

Организмы не существуют в природе изолированно. Они вступают в сложные и разнообразные взаимоотношения как между собой, так и с окружающей их неорганической средой. Организмы всегда входят в состав определенных природных комплексов, вне которых они существовать не могут. Такими природными комплексами являются, например, пруд, лес, луг и т. п. Каждый из таких комплексов, называемых *биоценозами*, слагается из определенных видов растений, животных, микроорганизмов. Изучением биоценозов также занимается общая биология (тот раздел ее, который называется экологией).

Часть оболочки планеты Земля, населенная организмами, получила название *биосферы*. Ей принадлежит важная роль в формировании лика Земли, образовании горных пород, атмосферы, гидросферы. Достаточно указать, например, что наличие в воздушной оболочке Земли свободного кислорода всецело обязано жизнедеятельности зеленых растений, выделяющих его в процессе фотосинтеза. Наличие свободного кислорода делает возможным существование современных животных и растений. Все это также относится к общей биологии и будет рассмотрено в этой книге.

Познание биологических законов открывает широкие и, можно сказать, величественные перспективы управления живой природой, изменения ее для блага человека. Создание новых сортов культурных растений и пород домашних животных всецело основывается на законах наследственности и изменчивости организмов. Использование естественных богатств — лесов, лугов, рек — должно опираться на знание биологических законов, определяющих взаимоотношения между организмами и неживой природой. Биология указывает пути создания новых культурных биоценозов.

Вопросы акклиматизации растений и животных, проблема увеличения рыбных богатств в морских и пресных водоемах не могут быть решены без знания законов биологии.

В век проникновения человека в космос перед биологией возникают новые задачи. В космических кораблях недалекого будущего нужно будет создать такие биологические системы, которые обеспечили бы питание космонавтов, снабжение их кислородом, утилизацию (использование) отбросов и т. п. Над решением этих увлекательных проблем в настоящее время упорно работают биологи.

Познание законов жизни очень важно для медицины. Нужно изучить наследственность человека, ибо существует ряд наследственных заболеваний.

Общая биология, изучающая закономерности жизни, тесно связана с другими естественными науками. За последние годы особенно бурно развивается отрасль науки, пограничная между биологией, химией и физикой и получившая название молекулярной биологии. Ее задача — изучение основных жизненных явлений (обмена веществ, наследственности, раздражимости) на уровне молекул, слагающих клетку. Большое значение для познания биологических процессов и закономерностей имеет также изучение физических явлений в клетке и организме (возникновение электрических потенциалов, осмотические явления и др.). Изучением этих вопросов занимается биофизика.

В наше время биология представляет собой быстро развивающуюся науку, достижения которой чрезвычайно важны для будущего человечества. Не случайно некоторые ученые утверждают, что мы вступаем в «век биологии», который приведет человечество к управлению основными законами жизни.

Раздел I

ЭВОЛЮЦИОННОЕ УЧЕНИЕ

Глава I

Общая характеристика биологии в додарвиновский период

Органический мир на планете Земля отличается огромным разнообразием видов живых существ. Насчитывают до 1,5 млн. видов животных и до 500 тыс. видов растений. Вместе с тем живые существа, принадлежащие к разным видам, обладают важными общими признаками. Все они связаны обменом веществ и энергии с окружающей средой, способны к раздражимости, росту и размножению, состоят из одних и тех же химических элементов, при половом размножении начинают развитие из одной клетки. Это позволяет заключить о единстве органического мира.

При наблюдении живых существ в естественной обстановке обращает на себя внимание их изумительная приспособленность к условиям жизни, а органов — к выполнению определенных функций.

Как же при таком единстве органического мира объяснить многообразие видов и приспособленность живых существ к условиям жизни? Ответ на этот вопрос дает эволюционное учение, раскрывающее происхождение и развитие органического мира.

Эволюционным учением называют учение о длительном процессе исторического развития живой природы («эволюция» — развитие, *лат.*).

Первую теорию эволюции органического мира предложил в начале XIX века французский ученый Ж. Б. Ламарк. Дальнейшая разработка эволюционного учения в середине XIX века принадлежала английскому ученому Ч. Дарвину. В связи с этим в истории биологии различают два главных периода: додарвиновский и последарвиновский.

Каким было состояние биологической науки в додарвиновский период?

§ 1. Развитие описательной ботаники и зоологии

Средние века и эпоха Возрождения. В средние века, при феодальных отношениях с их натуральным хозяйством и господством церкви, развитие науки происходило крайне медленно; опытное изучение природы преследовалось. Тем не менее сведения о растениях и животных, а также по анатомии человека и медицине все же накапливались.

В XII—XIII веках возникли первые университеты, которые и стали центрами развития естественнонаучных знаний. В XV—XVI веках появилась настоятельная потребность в естественнонаучных знаниях, в изучении природных богатств, потому что возникавшая капиталистическая промышленность нуждалась в сырье, а население растущих городов — в продуктах питания.

С открытием новых стран и островов в Европу стали привозить неизвестные до того времени продовольственные, лекарственные, декоративные, пряные и другие растения, а также богатые коллекции животных. Во многих городах были созданы ботанические сады, оранжереи, музеи. В результате накопился огромный материал по описанию растений и животных. Изобретение микроскопа в начале XVII века привело к открытию микроорганизмов, клеточного строения организмов, сперматозоидов и яйцеклеток.

Больших успехов в это время достигли математика, механика и астрономия.

Метафизические представления о природе. Наиболее характерным для эпохи Возрождения, а также для XVII—XVIII веков было сложившееся тогда так называемое метафизическое мировоззрение.

Сущность метафизического мировоззрения заключается в представлении об абсолютной неизменности всей природы. Неизменны планеты и пути их движения. Вечно существует без изменений Земля с ее материками, реками, горами, климатом, видами растений и животных. Все явления природы считались как бы застывшими; их изучали без связей между собой, изолированно друг от друга.

Для метафизического мировоззрения характерно также утверждение, что в природе существует изначальная целесообразность.

Под выражением изначальная целесообразность понималось соответствие организма или органа той цели, которая была якобы поставлена для него творцом с самого начала, т. е. при сотворении мира.

Представления о неизменности всей природы и изначальной целесообразности поддерживались правящими кругами и церковью.

Карл Линней и его труды. В XVII—XVIII веках ботаника и зоология продолжали развиваться в описательном направлении. Возникла настоятельная необходимость привести накопленные конкретные знания в систему. Первые попытки вылились в перечисление видов по алфавиту, что не могло дать никакой системы. Начались поиски таких признаков у растений и животных, по которым можно было бы их группировать и распределять по степени сложности строения.

В то время значение отдельных органов цветка, сущность полового процесса размножения, развитие организма не были изучены, поэтому главные признаки избирались случайно. Группировки получались искусственными: стоило выбрать вместо одного признака другой, как вся система изменялась.

Для видов растений и животных не было единых, употребляемых всеми учеными названий. Наименования видов представляли собой громоздкое перечисление признаков. Например, шиповник обыкновенный называли роза лесная, обыкновенная, с цветками душистыми, розовыми.

Лучшая искусственная система растительного мира принадлежит знаменитому шведскому ученому XVIII века Карлу Линнею (1707 — 1778).

Линней классифицировал организмы на основании сходства и различия между ними, приняв за самую меньшую единицу классификации вид.

Видом Линней называл совокупность сходных по строению особей, дающих плодовитое потомство.

Полностью разделяя метафизические представления о природе, Линней считал каждый вид результатом отдельного творческого акта, неизменным и постоянным, не связанным с другими видами родством.

В живой природе он усматривал изначальную целесообразность, свидетельствующую о «премудрости творца». К концу жизни Линней пришел к выводу, что одни виды могут возникать из других путем скрещивания и под действием изменений окружающей среды.

Исследования Линнея в области систематики растений и животных составляют важную эпоху в развитии биологии. Он построил систему растений и животных, завоевавшую всеобщее признание. Приняв за единицу классификации вид, Линней объединил сходные виды в роды, сходные роды — в отряды, а их — в классы. (Сравните с известными вам современными систематическими категориями. В чем разница?) При этом Линней использовал предложенный его предшественниками принцип двойных латинских названий. Например, чина луговая — Lathyrus pratensis, чина лесная — Lathyrus silvestris, собака домашняя — Canis familiaris, собака-волк — Canis lupus. Название рода является общим для всех видов, которые он объединяет: чина — Lathyrus, собака — Canis. Видовые названия могут повторяться в разных родах; принцип двойных названий экономный, так как требует особых названий только для родов и поэтому сохраняется в систематике по настоящее время.

Всю природу Линней разделил на три царства: минералов, растений и животных. Царство растений он распределил в 24 класса на основании 1—2 признаков, например: по числу, длине или характеру срастания тычинок. В результате многие далекие друг от друга в систематическом отношении растения оказались в одном классе, а родственные — в разных. Например, морковь и смородина отнесены к классу пятитычинковых, поскольку у них по 5 тычинок. На самом деле

...и растения принадлежат к разным семействам: морковь — к семейству зонтичных, смородина — к семейству камнеломковых. Манжетку (сем. розоцветных) и повилику (сем. вьюнковых) он отнес к классу четырехтычинковых, так как у них по 4 тычинки.

Царство животных Линней разделил по строению кровеносной системы таким образом:

1. Четвероногие 2. Птицы	Первая ступень Сердце с двумя желудочками Кровь красная и горячая
3. Гады 4. Рыбы	Вторая ступень Сердце с одним желудочком Кровь красная и холодная
5. Насекомые 6. Черви	Третья ступень Холодная белая жидкость вместо крови

Линней правильно выделил классы млекопитающих, птиц и рыб. Но он объединил в одном классе «Гады» пресмыкающихся и земноводных, тогда как они относятся к разным классам. В класс «Черви» попали почти все типы беспозвоночных. Классификация животных по одному признаку привела к ошибкам. Линней объединил в один отряд ленивца, муравьеда и слона по признаку отсутствия резцов, не зная, что бивни и есть разросшиеся верхние резцы. На самом деле слон относится к отряду хоботных, а ленивец и муравьед — неполнозубых. По сходству в строении клюва курица и страус попали в один отряд, тогда как по совокупности признаков они принадлежат к разным подклассам птиц: страус — бескилевых, а курица — килегрудых.

В своей системе Линней верно поместил в один отряд человека и обезьяну на основании сходства в их строении, хотя даже мысли о сходстве человека с животными тогда считались преступными.

Линней понимал искусственность предложенной им системы, поэтому считал ее временной и стремился к созданию естественной, т. е. такой, которая отражала бы действительно существующие в природе систематические группы растений и животных. При помощи естественной системы он, как и большинство ученых той эпохи, надеялся раскрыть план природы, по которому ее создал творец. Эти ложные по своему существу представления тем не менее заставляли ученых искать естественную систему.

Значение трудов Линнея в том, что он предложил простую систему растений и животных, применил ясный и удобный принцип двойных названий, описал около 1200 родов и более 8000 видов растений. Он провел реформу в ботаническом языке, установив до 1000 терминов, многие из которых предложил впервые.

Линней и его последователи провели огромную работу по изучению и систематизации разрозненного фактического материала, накоплен-

ного их предшественниками. Так была заложена научная основа для дальнейшего изучения природы.

Ранние эволюционные воззрения. К концу XVIII века во многом изменились общественно-политические взгляды, особенно во Франции. Рост революционных идей, французская революция, развитие капиталистических форм производства, научные открытия — все это подрывало старые, метафизические представления о неизменности природы и общества. В произведениях ряда ученых появились высказывания о происхождении современных видов растений и животных от далеких предков. Во Франции такие идеи принадлежали Жоржу Луи Бюффону, в Англии — Эразму Дарвину (деду Чарлза Дарвина). Но это были отдельные мысли или описания фактов, указывавших на родство видов между собой. Лишь в начале XIX века замечательный французский ученый Жан Батист Ламарк предложил первую эволюционную теорию и попытался ее доказать.

Вопросы и задания

1. Дайте характеристику метафизического мировоззрения. 2. Приведите примеры видов растений, принадлежащих к одному роду. 3. Запишите в тетради современные систематические категории, применяемые для классификации растений и животных. 4. В чем значение трудов Линнея для дальнейшего развития науки?

§ 2. Первая теория эволюции органического мира

В отличие от большинства натуралистов XVIII века, занимавшихся описанием и классификацией видов растений и животных, Ламарк (1744—1829) поставил перед собой цель создать эволюционную теорию, которую изложил в труде «Философия зоологии» (1809).

Изменяемость видов. Ламарк отрицал метафизические идеи о постоянстве и неизменности видов. Он утверждал, что виды изменяются, но крайне медленно, и потому незаметно при постоянном наблюдении. Это положение снимало самый веский аргумент, выдвигавшийся сторонниками постоянства видов в защиту их взглядов: отсутствие видимых изменений видов растений и животных за последние 5—6 тыс. лет.

Занятия систематикой привели Ламарка к выводу об отсутствии резких границ между видами. Незаметными переходами виды связаны между собой. Часто бывает трудно разграничить некоторые виды дневных и ночных бабочек, мух, жуков-усачей или виды осок, молочаев, вересков и т. д.

В результате живая природа представлялась Ламарку как ряды непрерывно изменяющихся особей, которые человек лишь в воображении объединяет в виды. Так, смело отвергнув идею постоянства видов, Ламарк стал ошибочно отрицать сам факт наличия их в природе: в его представлении отрицание неизменности видов слилось с отрицанием их реальности. Однако впоследствии он пришел к правильному пониманию вида: виды действительно существуют в

природе, но не вечно, а в течение определенных промежутков времени, т. е. они относительно постоянны.

Классифицируя организмы и располагая их в системе возрастающей сложности строения, Ламарк впервые в науке пришел к важному эволюционному выводу: *органический мир развивался от простейших форм жизни к высшим по естественным законам*. Ламарк первым употребил термины «родство», «родственные связи» для обозначения единства происхождения органического мира.

Движущие силы эволюционного процесса. Признав изменяемость видов, Ламарк выдвинул вопрос: каковы же движущие силы, т. е. факторы эволюционного процесса?

Проделанная Ламарком работа по систематике растений и животных привела его к мысли, что организмы следует располагать в системе как ступени лестницы, изображающей исторический путь развития живой природы от низкоорганизованных форм жизни к высокоорганизованным. В своей системе Ламарк разделил животный мир на позвоночных и беспозвоночных и сгруппировал их в 14 классов. Эти классы он разместил на шести ступенях: на низшей — инфузории и полипы, на высшей — птицы и млекопитающие. Каждая следующая более высокая ступень характеризуется усложнением в строении основных систем органов — нервной и кровеносной. Такой же ступенчатый ряд по мере усложнения организации существует и в растительном мире.

Постепенное повышение организации живых существ в процессе эволюции Ламарк назвал градацией (восхождение — *лат.*).

Принцип градации, выдвинутый Ламарком, правильно отображает путь исторического развития живой природы от простого к сложному, от низшего к высшему. В этом большая заслуга ученого.

Но Ламарк не смог материалистически объяснить причины градации. По его представлениям, все живые существа обладают выраженным *внутренним стремлением* к совершенствованию своей организации, к прогрессу как высшей цели, изначально заложенной в них. В понимании Ламарка историческое развитие от простого к сложному, т. е. градация, является результатом внутреннего стремления организмов к прогрессу: градация — непреложный закон природы, установленный самим творцом.

Таким образом, движущая сила эволюционного процесса, по мнению Ламарка,— внутреннее стремление организмов к прогрессу. Другая движущая сила эволюционного процесса — влияние внешней среды на организмы, благодаря которому в природе наблюдается множество отклонений, нарушающих правильность градации. Так образуются *различные виды в пределах одной ступени* организации, приспособленные к конкретным условиям жизни в окружающей их внешней среде.

Внешняя среда (тепло, свет, влага и пр.) оказывает прямое воздействие на растения и низших животных. Ламарк привел такие примеры. Если весна была очень сухой, то луговые травы плохо рас-

тут; весна с чередованием теплых и дождливых дней вызывает буйный рост тех же трав. Попадая из естественных условий в сады, растения сильно изменяются: одни теряют шипы и колючки, у других изменяется форма стебля. Деревянистый стебель растений жарких стран становится у нас травянистым в условиях умеренного климата.

Примеры Ламарка можно дополнить такими. Растение стрелолист (рис. 1) имеет три рода листьев: подводные — длинные и тонкие, без черешка; надводные с черешком, напоминающие наконечник стрелы; плавающие на поверхности воды — пластинчато-овальные. На рисунках 2 и 3 изображено растение круглолистный колокольчик; один экземпляр произрастал на лугу, другой — в лесу. Сравните их и отметьте различие.

Приспособления у высших животных возникают, по мнению Ламарка, косвенным путем, с участием нервной системы. Изменилась внешняя среда — и у животных появляются новые потребности. Если новые условия действуют длительно, то животные приобретают соответствующие привычки. При этом одни органы упражняются больше, другие меньше или совсем бездействуют. Орган, усиленно действующий, развивается сильнее, становится крепче, а орган, мало

Рис. 1. Стрелолист: в воде узкие лентовидные листья на поверхности воды пластинчато-овальные; над водой стреловидные.

Рис. 2. Круглолистный колокольчик из тенистого леса.

Рис. 3. Круглолистный колокольчик, росший на лугу.



применяемый в течение длительного времени, постепенно атрофируется. *Изменения, приобретенные организмом в продолжение жизни при последовательном повторении во многих поколениях, передаются по наследству.*

Все организмы, полагал Ламарк, под воздействием внешней среды приобретают **только полезные** в данных условиях признаки. Любое изменение во внешней среде обязательно вызывает у организмов только **адекватные** изменения, т. е. такие, которые соответствуют изменившимся условиям и поэтому полезны для живых существ. При длительном воздействии новых условий среды адекватные им изменения организмов, по представлениям Ламарка, передаются по наследству последующим поколениям.

Способность организмов целесообразно отвечать на воздействия внешней среды Ламарк считал врожденным, изначально присущим свойством. Один из примеров Ламарка хорошо поясняет его теорию:

«...береговая птица, не любящая плавать, но которая все же вынуждена отыскивать пищу у самого берега, постоянно подвергается опасности погрузиться в ил. И вот, стремясь избегнуть необходимости окунать тело в воду, птица делает всяческие усилия, чтобы вытянуть и удлинить ноги. В результате длительной привычки, усвоенной данной птицей и прочими особями ее породы, постоянно вытягивать и удлинять ноги, все особи этой породы как бы стоят на ходулях, так как мало-помалу у них образовались длинные голые ноги, лишенные перьев до бедра, а часто и выше...»

Вот примеры, приведенные Ламарком: плавательная перепонка между пальцами у водоплавающих птиц образовалась благодаря растягиванию кожи (рис. 4). Отсутствие ног у змей он объясняет привычкой вытягивать тело при ползании по земле, не употребляя конечностей; длинные передние ноги и шею у жирафы — постоянными усилиями животного дотянуться до листьев на деревьях (рис. 5).

Ламарк правильно отмечал воздействие условий внешней среды как причину изменений растений и животных. Но его объяснение многообразия видов и их приспособленности к конкретным условиям неверно: обязательное появление только полезных изменений и наследование приобретенных признаков не подтвердилось дальнейшими исследованиями ученых.

Оценка теории Ламарка. Честь создания первой целостной теории происхождения видов на основании естественных законов принадлежит Ламарку. Он противопоставил революционные идеи изменяемости и исторического развития живой природы реакционной идее постоянства и неизменности.

Ламарк правильно представлял общую картину исторического развития органического мира.

Однако для решения вопроса о движущих силах эволюционного процесса науке недоставало материалов; их не могло дать и сельское хозяйство Франции, стоявшее на низком уровне развития. И вопрос о движущих силах эволюции был решен Ламарком неправильно. Внутреннее стремление к прогрессу, якобы заложенное у организмов самой

природой, неизбежно приводит к признанию каких-то высших, сверхъестественных сил, творца. Утверждение о врожденной способности организмов изменяться лишь адекватно изменениям среды и приобретать только полезные признаки связано с представлением об изначальной целесообразности (стр. 8). Таким образом, доказательства эволюционной теории, выдвинутые Ламарком, оказались несостоятельными, и она не была принята современниками.

Итак, наука XVIII — начала XIX века не могла объяснить, каковы движущие силы развития органического мира. Перед нею встали вопросы: 1) Как объяснить многообразие видов? 2) Как объяснить приспособленность организмов к условиям окружающей среды? 3) Почему в процессе эволюции происходит повышение организации живых существ?

Вопросы и задания

1. Что считал Ламарк движущими силами в эволюционном процессе? 2. Как объяснял Ламарк многообразие видов и приспособленность живых существ к конкретным условиям окружающей среды? 3. Каково общее направление эволюционного процесса, по мнению Ламарка? 4. Какую оценку следует дать теории Ламарка?

Рис. 4. Ноги водоплавающих птиц.





Рис. 5. Жирафа.

Русские ученые XVIII века. В России уже в XVIII веке некоторые ученые и философы развивали эволюционные представления о природе.

М. В. Ломоносов (1711—1765) считал основой мира материю с ее свойствами движения и развития. Вопреки господствовавшим тогда метафизическим воззрениям (стр. 8) он понимал живую и неживую природу как единое развивающееся целое. Для доказательства связей между явлениями природы и изменений в ней Ломоносов указывал на органическое происхождение торфа, каменного угля и нефти, на окаменелости и отпечатки ранее обитавших на Земле растений и животных.

А. Н. Радищев (1749—1802) также опровергал метафизические представления о природе, рассматривая ее всю — живую и неживую — как единое целое общего происхождения, развивающееся без вмешательства каких-либо сверхъестественных сил. Самые сложные явления, включая человеческое сознание, речь, мышление, способность к общественной жизни, он считал результатом постепенного развития природы от простого к сложному. Радищев называл человека «единоутробным сродственником зверю на земле живущему», подчеркивал изменяемость организмов в зависимости от воздействий внешней среды. Радищев ссылался на факты акклиматизации растений и животных как доказательства их изменяемости.

Афанасий Каверзнев (конец XVIII — начало XIX века; точные даты неизвестны) в произведении «О перерождении животных» утверждал, что виды действительно существуют в природе, но они изменчивы. Факторами изменчивости видов являются изменения окружающей среды: пищи, климата, температуры, влажности, рельефа и др. Он поставил вопрос о том, что виды происходят один из другого и состоят между собой в родстве. Свои рассуждения Каверзнев подтверждал примерами из практики человека по выведению пород животных.

Русские эволюционисты XIX века. По сравнению с XVIII веком число сторонников эволюционных воззрений значительно возросло. В поддержку эволюционной идеи выступили некоторые философы и писатели, особенно из числа революционных демократов.

К. Ф. Рулье (1814—1858), зоолог, резко критиковал метафизические идеи о неизменяемости и постоянстве видов, а также господствовавшее тогда в зоологии описательное направление. За 10—15 лет до выхода в свет сочинения Ч. Дарвина «Происхождение видов» он убедительно писал об историческом развитии природы, высказывая идеи, сходные с воззрениями Ламарка. Все в живой и неживой природе находится во взаимных отношениях. Любой организм, испытывая действие окружающих условий, изменяется и в свою очередь вызывает изменение внешней среды. С изменением среды или происходит приспособление к ней организмов, или они погибают. В отличие от Ламарка Рулье отмечал факты вытеснения одних видов другими и вымирания их в

результате борьбы за область питания. Таким образом, он связывал происхождение видов с борьбой за существование. Высоко оценивая эволюционное учение Ламарка, Рулье не признавал положение о внутреннем стремлении организмов к прогрессу (стр. 12), считая его ошибочным.

Для доказательства эволюции Рулье главным образом использовал исследования ископаемых остатков животных, сравнительные данные о строении современных животных, их зародышевом развитии и данные из практики сельского хозяйства, считая его «наукой из наук».

Рулье больше других ученых-эволюционистов XIX века сделал для подготовки общественного мнения к восприятию дарвинизма в России и по праву занимает первое место среди русских предшественников Дарвина.

А. И. Герцен (1812—1870) в работах «Дилетантизм в науке» и «Письма об изучении природы» писал о необходимости изучать происхождение организмов, их родственные связи и рассматривать строение животных в единстве с физиологическими особенностями. Психическую деятельность следует также изучать в развитии от низших типов и классов до высших, включая человека. Главные задачи натуралиста — вскрыть причины единства органического мира при всем его многообразии, объяснить его происхождение.

В. И. Ленин оценивал воззрения Герцена на развитие природы как материалистические.

Вопросы и задания

1. Расскажите об эволюционных воззрениях К. Ф. Рулье. 2. Что общего следует отметить между взглядами Рулье и Ламарка? 3. Чем отличается объяснение происхождения видов по Ламарку и по Рулье?

Глава II

Учение Чарлза Дарвина об эволюции органического мира

Главный труд Чарлза Дарвина называется «Происхождение видов путем естественного отбора или сохранения благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» (1859). Это название отражает основную проблему, рассматриваемую Дарвином, — вид как историческое явление; каждый вид возникает, развивается и существует, пока не изменятся условия жизни; при их изменении вид или постепенно вымирает, или сам изменяется, давая начало новым видам.

Что же такое вид? В основе современного определения вида лежит дарвиновское понимание его.

Вид — это совокупность особей, обладающих наследственным сходством внешнего и внутреннего строения, физиологических функций, способностью к скрещиванию и воспроизведению потомства, приспо-

[illegible]ностью к определенным условиям жизни и расселенных в природе на определенной территории (ареале).

Учение Чарлза Дарвина об эволюции органического мира вскрывает три основных взаимосвязанных фактора: изменчивость, наследственность и отбор. Изменчивость доставляет материал для эволюционного процесса — индивидуальные наследственные изменения организмов. На основе наследственной изменчивости в процессе отбора образуются виды, приспособленные к различным определенным условиям жизни, что и приводит к многообразию видов.

Чарлз Дарвин сначала рассматривал образование пород домашних животных и сортов культурных растений, а потом виды в их естественном состоянии. Он полагал, что при таком подходе его идеи будут более доказательными, так как практикам хорошо известно, как получать новые породы и сорта.

Учение Дарвина в корне подрывало метафизические представления о постоянстве и неизменности видов и о сотворении их богом. Это учение явилось основой для дальнейшего развития науки об эволюции органического мира, а также для всех биологических наук.

§ 4. Исторические предпосылки возникновения учения Чарлза Дарвина

Общественно-экономические предпосылки. В первой половине XIX века Англия стала самой передовой капиталистической страной с высоким уровнем развития промышленности и сельского хозяйства. За счет разорения мелких собственников земля сосредоточивалась в руках крупных землевладельцев. Спрос промышленности на животное сырье и на продукты питания способствовал росту животноводства. Английские скотоводы добились исключительных успехов в выведении новых пород овец, свиней, крупного рогатого скота, кур и др. Располагая временем и деньгами, крупные землевладельцы выводили многочисленные породы охотничьих собак, рысистых и скаковых лошадей, голубей, представлявших спортивный интерес. Были получены также новые сорта растений: зерновых, овощных, декоративных, ягодных и др. Практика животноводов и растениеводов убедительно показывала, что породы домашних животных и сорта культурных растений изменчивы и создаются человеком, а не богом.

Успехи наук. В конце XVIII — начале XIX века успехи наук, по образному выражению Энгельса, пробили «бреши» в метафизическом воззрении на природу. В а с т р о н о м и и появились гипотезы о происхождении солнечной системы из газообразной туманности. Г е о л о г и обнаружили последовательное образование осадочных слоев — значит, земная кора развивалась исторически. В х и м и и стало известно, что живая и неживая природа состоит из одних и тех же химических элементов; ф и з и к а м и был открыт закон превращения энергии.

Среди **биологических** наук систематика в это время занимала по-прежнему ведущее место. Значительно обогатились научные знания о видах животных и растений. Систематики пришли к выводу о существовании естественных групп организмов в природе. Систему стали рассматривать как отображение различной степени сходства естественных групп между собой и соподчинения низших систематических групп высшим. Построение таких систем неизбежно приводило к мысли о родственных связях между систематическими группами.

В морфологии и анатомии благодаря сравнительному методу исследований получила широкое признание идея о наличии у многих животных единого плана как в общем строении тела, так и отдельных органов.

Сравнительно-эмбриологическими исследованиями было обнаружено поразительное сходство ранних стадий развития зародышей не только позвоночных, но даже животных, принадлежащих к разным типам.

Открытие клетки и создание клеточной теории биологом Т. Шванном (1838—1839) дало веское доказательство единства всего живого: сходство строения животной и растительной клеток.

Яркие факты, свидетельствующие об изменяемости видов, доставила **палеонтология**. Было установлено, что на Земле последовательно низшие формы сменялись высшими: в давно прошедшие времена Землю населяли другие виды животных и растений, не похожие на современных.

Все эти открытия никак не согласовывались с учением о неизменяемости органического мира и сотворении его богом.

Таким образом, успехи науки, выведение новых пород животных и сортов растений, материалы заморских экспедиций — все это подготовило почву, на которой могло возникнуть учение о происхождении видов. Нужен был гениальный ум, который бы обобщил и переработал все накопленные, разнородные факты в свете определенной идеи, создал стройную систему рассуждений и привел убедительные доказательства. Таким ученым оказался английский ученый Чарлз Дарвин.

Чарлз Дарвин (1809—1882). В детстве Чарлз Дарвин увлекался сбором коллекций, химическими опытами, наблюдениями за птицами и насекомыми. В студенческие годы он хорошо ознакомился с научной литературой и овладел методикой полевых исследований, составления коллекций и гербариев. В 1831—1836 гг. Дарвин совершил на корабле «Бигль» кругосветное путешествие (рис. 6). Он исследовал геологическое строение, флору и фауну посещенных стран, собрал громадное количество различных коллекций, которые отправлял в Англию.

При изучении остатков вымерших животных в Южной Америке Дарвин пришел к мысли, что современные виды не созданы богом, а развивались постепенно из ранее населявших Землю (рис. 7). На каждом острове Галапагосского архипелага он нашел особый вид вьюрков (рис. 8) и предположил, что их предком был один вид амери-

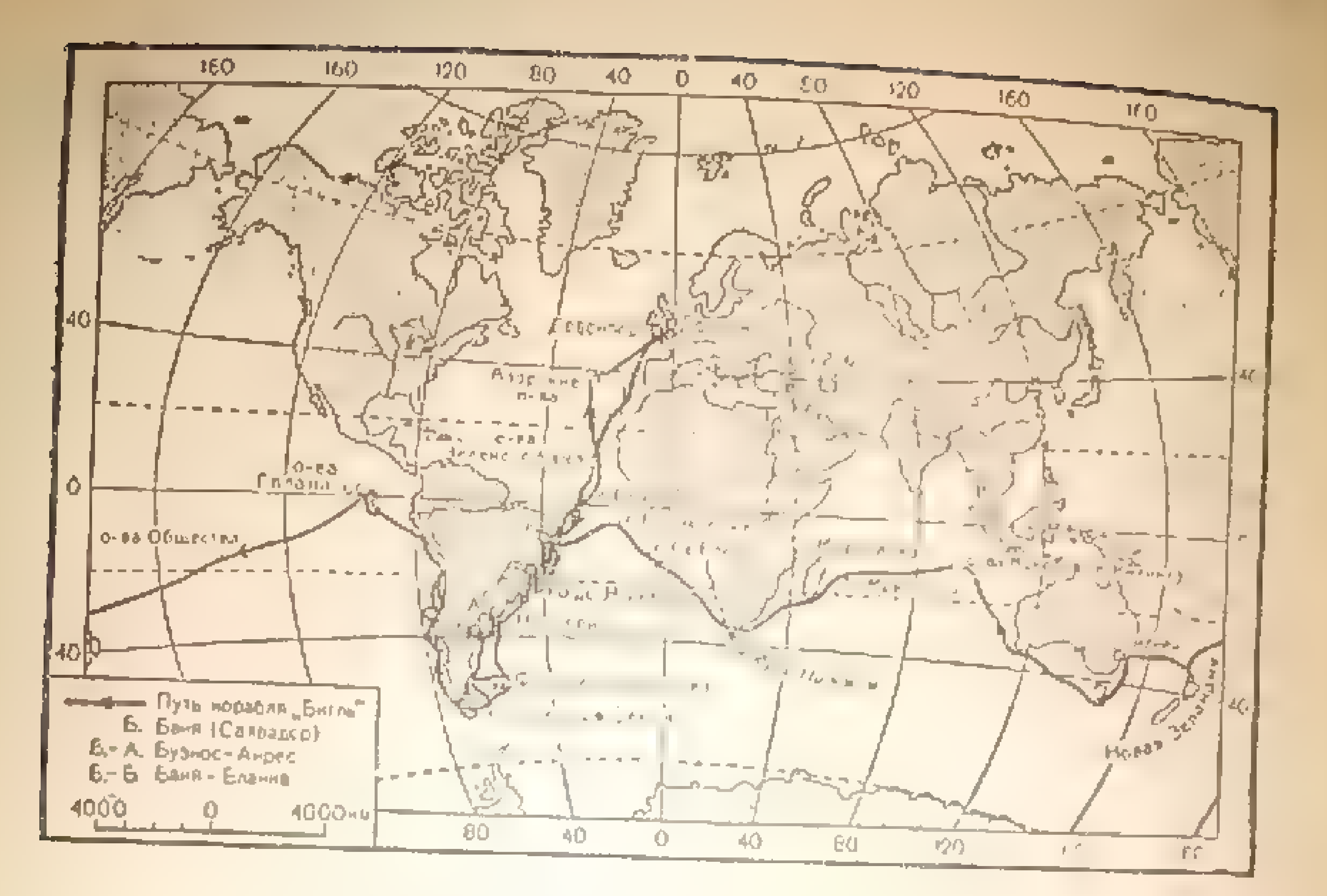


Рис. 6. Карта кругосветного путешествия Ч. Дарвина.

канского происхождения, который когда-то расселился по островам. В Австралии Дарвина заинтересовали сумчатые и яйцекладущие млекопитающие, давно вымершие в других местах земного шара. Австралия как материк обособилась очень давно (когда еще не было на Земле высших млекопитающих); сумчатые и однопроходные развивались здесь независимо от эволюции млекопитающих на других материках.

Во время путешествия Дарвин сделал первые заметки о происхождении видов и возвратился в Англию с горячим желанием разрешить эту проблему. Последующие 20 лет он упорно работал над построением и обоснованием эволюционной теории. В умении подмечать и анализировать факты, находить связи между ними и обобщать Дарвин был поистине гениальным.

Все труды Дарвина, появившиеся после «Происхождения видов», развивали и углубляли различные стороны основной проблемы — происхождения видов. В книге «Изменение домашних животных и культурных растений» на огромном фактическом материале были показаны закономерности эволюции пород домашних животных и сортов культурных растений; в работе «Происхождение человека и половой подбор» Дарвин применил эволюционную теорию для объяснения происхождения человека, а в книге «Выражение ощущений у человека и животных» были приведены дополнительные доказательства животного происхождения человека. Дарвину принадлежат капитальные труды по ботанике, зоологии и геологии, в которых детально разработаны отдельные вопросы эволюционной теории.



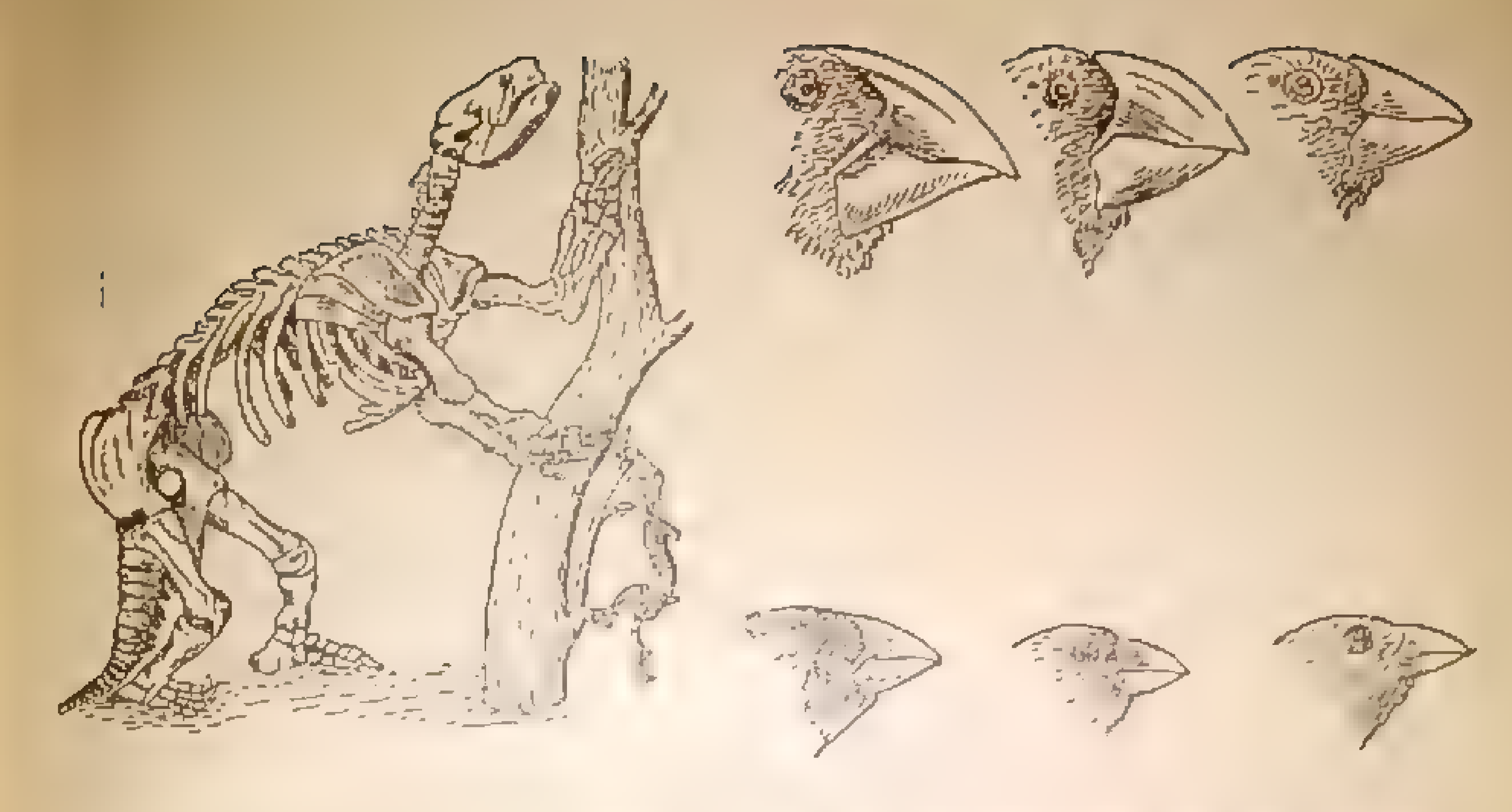


Рис. 7. Скелеты вымершего (слева) и современного (справа) ленивцев.

Рис. 8. Галапагосские вьюрки. Различие в форме клюва.

Вопросы и задания

1. В каких исторических условиях возникло учение Ч. Дарвина? 2. Проследите по карте маршрут кругосветного путешествия Ч. Дарвина на корабле «Бигль». 3. Что такое вид?

§ 5. Изменчивость и наследственность

Для выяснения вопроса, какие движущие силы в процессе эволюции приводят к образованию новых видов, Дарвин обратился сначала к изучению явлений изменчивости и наследственности.

Изменчивость. Изменчивостью называют процесс возникновения различий между особями одного вида.

Благодаря изменчивости даже между близкородственными особями имеются различия. В потомстве одной пары животных или среди растений, выросших из семян одного плода, невозможно встретить совершенно одинаковых. В стаде овец одной породы опытный пастух различает каждое животное по еле уловимым особенностям: размерам тела, длине ног, головы, окраске, длине и плотности завитка, голосу, повадкам и т. п.

Приведем некоторые факты изменчивости, которые легко наблюдать каждому. Листья на березе или другом дереве кажутся одинаковыми, но, положив любые два листа с одного дерева рядом, мы увидим мелкие различия между ними. Количество краевых язычковых цветков в соцветиях золотой розги (сем. сложноцветных) колеблется от 5 до 8. Число лепестков ветреницы дубравной (сем. лютиковых) — 6, иногда же 7 и 8. Изменчивы ветвистость «рогов» жука-оленя,

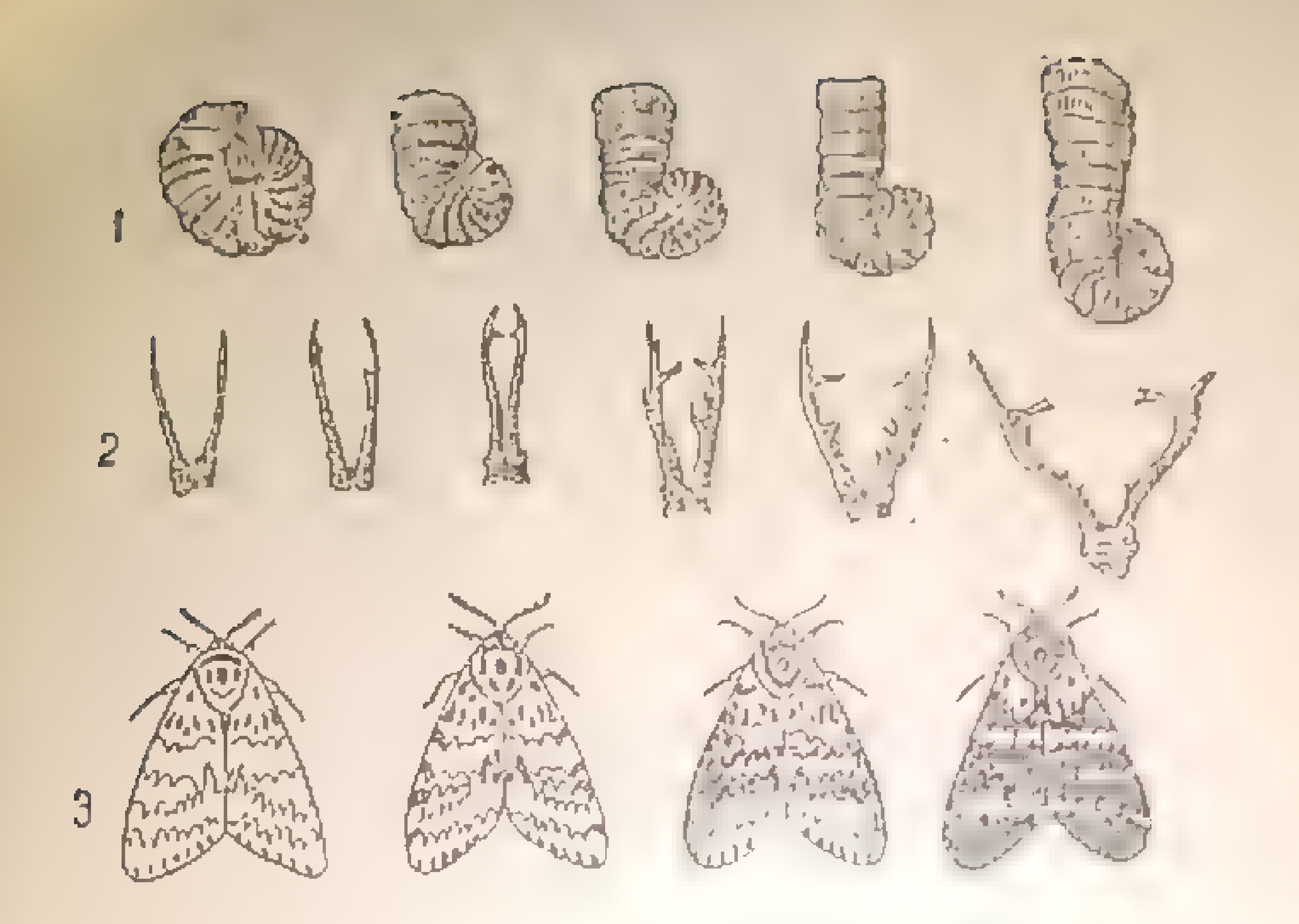


Рис. 9. Неопределенная изменчивость:
1 — корненожки; 2 — рога сибирской косули; 3 — рисунок крыла бабочки-монашенки.

длина «усов» жука усача и т. д. В стаях грачей, галок иногда появляются единичные экземпляры светлой и даже белой окраски.

Формы и причины изменчивости. Дарвин различал две основные формы изменчивости: определенную (групповую) и неопределенную (индивидуальную).

Определенной (групповой) изменчивостью животных и растений Дарвин называл массовую, когда все особи данной породы, или сорта, или вида под влиянием определенной причины изменяются одинаковым образом в одном направлении.

Дарвин приводил такие примеры. Сорта культурных растений при перенесении их в новые условия теряют свои качества. Белокочанная капуста при возделывании в жарких странах не образует кочана. Породы лошадей, завезенные в горы или на острова, где пища недостаточно питательна и разнообразна, со временем становятся низкорослыми. Северные породы овец в жарких странах через несколько поколений утрачивают свою густую шерсть.

Неопределенной (индивидуальной) изменчивостью Дарвин называл появление бесконечно разнообразных незначительных отличий у отдельных особей в пределах одного сорта, одной породы, одного вида. Например, он отметил, что у павлиньих голубей число рулевых перьев в хвосте варьирует от 14 до 42. У различных особей одной и той же породы голубей весьма изменчивы форма клюва, число щитков на пальцах и т. д. В дополнение к примерам Дарвина можно привести другие (рис. 9). Вспомните примеры изменчивости, указанные на странице 21, и скажите, следует отнести их к определенной изменчивости или к неопределенной.

Дарвин отметил факты очень резкой индивидуальной неопределенной изменчивости у растений и животных. Так, в 1791 г. в



Рис. 10. Анконская овца с ногами нормальной длины и ее ягненок с укороченными ногами и удлиненной стопой.

Северной Америке от нормальных овец родился барашек с очень короткими ногами (рис. 10).

На одной и той же ветви крыжовника появляются желтые и красные плоды. У картофеля глазки имеют изменения в окраске. Факты изменения почек известны у винограда и некоторых плодовых деревьев.

Дарвин установил, что изменение одной части организма нередко обусловливает изменение других его частей. Такая изменчивость названа им **с о о т н о с и т е л ь н о й**.

Для подтверждения ее Дарвин привел ряд интересных фактов. Длинные конечности у животных почти всегда сопровождаются удлиненной шеей. У бесшерстных собак наблюдаются недоразвитые зубы. У голубей с длинными клювами ноги длинные, с короткими клювами — короткие ноги; голуби с оперением на ногах имеют перепонки между пальцами.

Соотносительную изменчивость вы можете наблюдать у столовых сортов свеклы: согласованно изменяется окраска корнеплода, черешков и нижней стороны листьев. У растения львиный зев светлоокрашенные венчики цветков сопровождаются зеленой окраской стебля и листьев; темноокрашенные — темной окраской этих органов.

Добиваясь изменения одного признака, человек невольно получает изменения и других признаков, с ним связанных. Причины такого рода фактов остались для Дарвина неизвестными и были раскрыты наукой значительно позднее.

Основной причиной изменчивости домашних животных и культурных растений Дарвин считал воздействие новых жизненных условий по сравнению с теми, при которых существовали их предки. Человек постоянно изменяет эти условия, вследствие чего домашние

животные и культурные растения отличаются повышенной изменчивостью сравнительно с дикими видами.

Дарвин полагал, что скрещивание различных пород и сортов также способствует изменчивости.

Изменчивость организмов в естественной обстановке происходит под влиянием тех же причин, которые вызывают изменения домашних животных и культурных растений.

Изменчивость имеет место не только при п о л о в о м размножении, но и при в е г е т а т и в н о м. Дарвин приводил много примеров изменчивости почек растений, размножающихся вегетативно.

На основании обширных и разносторонних материалов Дарвин сделал следующий вывод: изменчивость — всеобщее свойство организмов.

Наследственность. Н а с л е д с т в е н н о с т ь ю н а з ы в а ю т о б щ е е с в о й с т в о в с е х о р г а н и з м о в с о х р а н я т ь и п е р е д а в а т ь п р и з н а к и с т р о е н и я и р а з в и т и я о т п р е д к о в к п о т о м с т в у.

Каждый знает, что из желудя вырастает дуб, из яиц кукушки выводятся ее птенцы. Из семян культурных растений определенного сорта вырастают растения того же сорта. Животные передают потомкам свойства своей породы.

Дарвин подчеркивал, что передача признаков по наследству связана прежде всего с воспроизводительной половой системой, которая отличается исключительной чувствительностью к внешним условиям. Но изменение может выявиться только в следующем поколении, если оно окажется наследственным. Влияние одних и тех же условий жизни может по-разному сказаться на разных организмах, поскольку наследственность их различна.

Наследственность сохраняется и при вегетативном размножении. Широко известны способы размножения растений отводками, черенками, усами, клубнями, причем видовые и сортовые признаки передаются потомству. Поросль тополя, осины, ивы и других древесных и кустарниковых растений дает деревья и кусты тех же видов.

Таким образом, изменчивость и наследственность являются общими свойствами организмов.

Наследственная и ненаследственная изменчивость. Дарвин различал наследственную и ненаследственную изменчивость.

Н а с л е д с т в е н н о й изменчивостью он считал неопределенную индивидуальную изменчивость, когда раз появившиеся изменения сохраняются в последующих поколениях. Передачу признаков по наследству Дарвин рассматривал как правило, а отсутствие — как исключение.

Н е н а с л е д с т в е н н о й изменчивостью Дарвин считал определенную (групповую) изменчивость, когда возникшие изменения не сохраняются в последующих поколениях.

В процессе эволюции, по мнению Дарвина, играет роль только наследственная, индивидуальная изменчивость.

Дарвин обращал внимание на то, что законы, управляющие наследственностью, еще неизвестны. Он правильно показал роль наследственной и индивидуальной изменчивости в процессе эволюции, привлек к ней внимание ученых. Дарвин неоднократно подчеркивал необходимость глубокой разработки проблемы наследственной изменчивости. Позднее эта проблема явилась предметом науки генетики.

Вопросы и задания

1. Расскажите о формах изменчивости. Приведите примеры. 2. На комнатных растениях — экземплярах одного вида — проследите изменчивость формы, величины, окраски листьев, цветков. 3. На экскурсии, на учебно опытном участке или во время прогулки в природе наблюдайте изменчивость у растений, насекомых. Сделайте гербарий, коллекцию, фотоснимки. 4. Докажите, что изменчивость—всеобщее свойство организмов.

§ 6. Искусственный отбор

Многообразие сортов культурных растений и пород домашних животных. К сороковым годам прошлого столетия было известно большое количество пород рогатого скота (молочных, мясных, мясо-молочных), лошадей (тяжеловозов, скаковых), свиней, собак, а также кур (табл. I и рис. 11) и других домашних птиц. Насчитывали более 150 пород голубей.

Число сортов пшеницы превышало 300; винограда насчитывали до 1000 сортов, крыжовника — более 300.

Породы домашних животных и сорта культурных растений, принадлежащих к одним и тем же видам, настолько сильно отличаются друг от друга, что их можно принять за разные виды. Каждая порода или каждый сорт по своим признакам всегда отвечает интересам или прихотям человека, ради которых он их разводит.

Сторонники учения о постоянстве и неизменяемости видов считали, что каждая порода, каждый сорт, культивируемые человеком, происходили от отдельного дикого вида.



Рис. 11. Нокагамский петух.

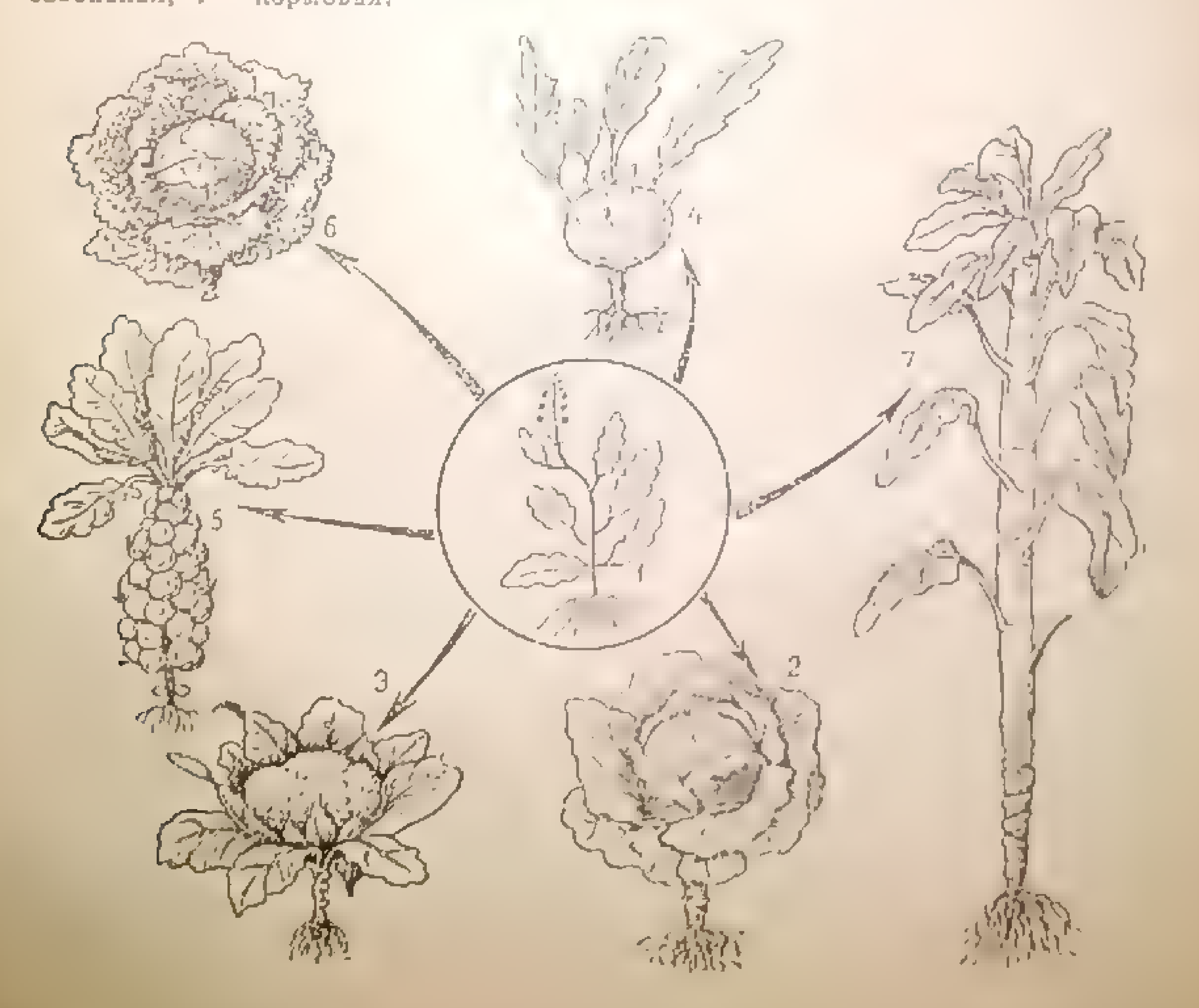
Дарвин тщательно изучил происхождение разных пород домашних животных и пришел к заключению, что человек сам создал все их многообразие, как и сортов культурных растений, путем изменения в разных направлениях одного или нескольких родоначальных диких видов.

Происхождение пород домашнего голубя. Несмотря на большое разнообразие различий, породы (табл. II) имеют ряд очень важных общих особенностей. Так, домашние голуби — общественные птицы, гнездятся на зданиях, но не на деревьях, в период спаривания все породы ведут себя сходным образом. Породы легко скрещиваются и дают плодовитое потомство. При скрещивании разных пород домашнего голубя Дарвин получал потомство, по своей окраске удивительно сходное с диким сизым (скалистым) голубем. Дарвин сделал вывод, что все они произошли от одного вида — дикого скалистого голубя, обитающего по крутым утесам Средиземноморского побережья и севернее — в Англии и Норвегии. Обыкновенный сизый голубь похож на него окраской оперения.

Не менее обстоятельным исследованием Дарвин установил, что все породы домашних кур произошли от банкивской курицы — дикого

Рис. 12. Культурные формы капусты и их дикий родоначальник:

1 — дикая однолетняя; 2 — кочанная; 3 — цветная; 4 — кольраби; 5 — брюссельская; 6 — савойская; 7 — кормовая.



ниха, обитающего в Индии, на Цейлоне и Зондских островах. Породы крупного рогатого скота произошли от дикого тура, истребленного в XVII веке; породы свиней — от дикого кабана.

Сорта огородной капусты произошли от дикой капусты, еще и теперь встречающейся по западным берегам Европы (рис. 12).

Выведение новых пород и сортов. Достаточно ли только изменчивости и наследственности для объяснения поразительного многообразия пород домашних животных и сортов культурных растений и соответствия их той цели, с которой они разводятся человеком?

Чтобы ответить на этот вопрос, Дарвин обращается к книгам и журналам по сельскому хозяйству, к отчетам сельскохозяйственных выставок, старым каталогам и прейскурантам, изучает практику коннозаводчиков, голубеводов, садоводов, отыскивает упоминания о породах и сортах в исторических источниках. И он устанавливает, что породы и сорта постоянно изменялись, постепенно становясь все более совершенными и разнообразными по своим признакам. Человек добивался таких результатов при помощи искусственного отбора, который он проводил с давних времен.

Искусственный отбор осуществлялся таким образом. В стаде, стае, в поле, на грядке и т. п. человек замечал отдельное животное или растение с каким-либо, хотя бы и мелким, отличием. Заинтересовавших его особей человек отбирал на развод, на племя и скрещивал их. В потомстве снова отбирались особи, унаследовавшие хозяйственно ценный признак. Из поколения в поколение оставлялись в качестве производителей те особи, у которых данный наследственный признак был выражен более заметно. Таким образом, признак усиливался и накапливался. Путем скрещивания различных производителей человек по своему желанию сочетал в одном животном или в одном растении ряд новых признаков. В силу соотносительной изменчивости (стр. 23) вместе с отбираемыми признаками передавались и связанные с ними другие признаки. В результате человек получал новые породы и сорта. Одновременно в каждом поколении все неподходящие особи уничтожались или использовались в хозяйстве, но не допускались к размножению.

Отбору иногда предшествовало скрещивание с целью усилить изменчивость в потомстве и, следовательно, получить более разнообразный материал для искусственного отбора, который вели потом в течение длительного времени. Таким путем, например, были получены английские улучшенные породы свиней. Родоначальник русской породы орловских рысаков был получен таким образом: сначала скрестили жеребца арабской верховой породы с лошадью датской тяжеловозной породы, а появившегося от них жеребца — с лошадью голландской рысистой породы. Затем искусственным отбором была выведена всемирно известная порода орловских рысаков.

Дарвин различал две формы искусственного отбора: бессознательный и методический.

Бессознательный отбор. На протяжении тысячелетий человек проводил искусственный отбор стихийно, бессознательно, без

представления о его конечных результатах. Когда-то древние земледельцы собирали с дикорастущих злаков наиболее крупные семена для посева. При уборке урожая ломкие и незрелые колосья, мелкие семена терялись, лучшие колосья сохранялись.

Методический отбор. Только в конце XVIII века стали проводить искусственный отбор планомерно, м е т о д и ч е с к и, т. е. в заранее намеченном направлении. Дарвин говорит, что за несколько последних лет были выведены породы домашней птицы, значительно превосходящие старые по весу и качеству мяса, яйценоскости и другим хозяйственным показателям. Признаки породы стали отвечать заранее поставленным требованиям. Например, заинтересовались постановкой гребня у испанского петуха — через 5—6 лет прямые гребни появились у всех птиц этой породы. Или другой пример: почти не знали пород кур с «бородой», но вот на одной выставке была представлена и отмечена такая порода — через несколько лет все куры-экспонаты имели «бороду».

В отношении сортов культурных растений наблюдалась такая же картина. Дарвин указывал на постепенно возраставшие размеры ягод крыжовника, на поразительные изменения в многочисленных сортах декоративных растений, произведенные за 20 или 30 лет.

После того как порода установлена, человек уже ограничивается выбраковкой особей, уклоняющихся от образца.

Искусственный отбор протекает успешнее, по мнению Дарвина, в крупных хозяйствах: среди большего количества особей больше и наследственного материала, следовательно, возможности отбора и выбраковки расширяются.

Творческая роль отбора. Отбором создаются новые породы и сорта, при этом развивается и видоизменяется именно тот орган или тот признак, который особенно желателен для человека (рис. 13).

«Посмотрите, — указывает Дарвин, — как разнообразны листья капусты и как поразительно сходны ее цветы; как разнообразны цветы анютиных глазок и как сходны листья; как резко различаются по величине, окраске, форме и волосистости различные сорта крыжовника и как мало различие между их цветами». Такого рода факты объясняются только тем, что в каждом случае человек вел отбор в определенном направлении: по листьям, цветкам, плодам и т. п.

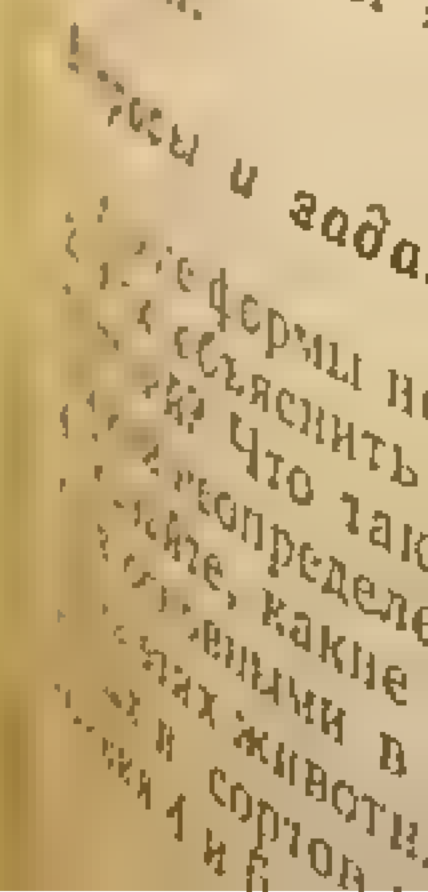
Следовательно, породы и сорта, происходившие о т о б щ и х диких предков, развивались под влиянием человека в р а з н ы х направлениях соответственно хозяйственным целям, вкусам и запросам. Благодаря этому они постепенно становились все более и более непохожими друг на друга и на первоначальный дикий вид, от которого произошли.

П р о ц е с с у с и л е н и я первоначально едва заметных различий в признаках пород между собой и со своими общими предками Дарвин назвал р а с х о ж д е н и е м п р и з н а к о в или д и в е р г е н ц и е й.

Дарвин привел такой пример. В ранний период истории какое-то племя нуждалось в сильных и грузных лошадях, а другое, наоборот,







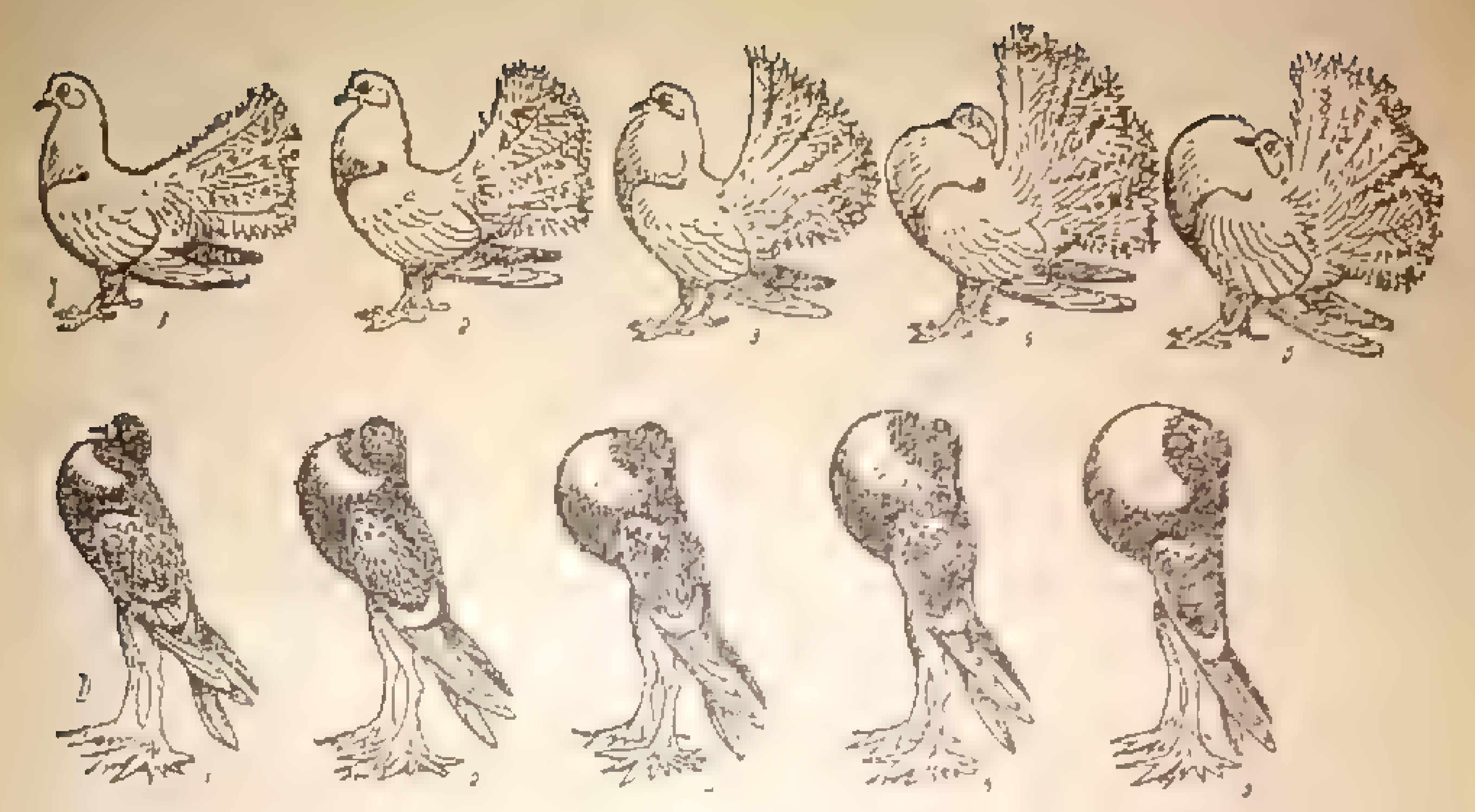


Рис. 13. Постепенное нарастание признаков породы у голубей за период около трех веков:

I — порода трубастый (павлиний) голубь, *1* — 1676; *2* — 1765; *3* — 1895; *4* — 1898; *5* — 1936; *II* — порода дутыш, *1* — 1676; *2* — 1765; *3* — 1858; *4* — 1887; *5* — 1895.

в легких и быстрых. Каждое из них разводило только интересующих его лошадей; промежуточных же по своим признакам лошадей совсем перестали разводить, и они постепенно исчезли. По истечении столетий каждое племя имело нужную ему, хорошо установившуюся породу лошадей. Обе породы — результат расхождения в признаках. Дарвин утверждал, что отбором люди всегда стремились довести породу до наиболее ярко выраженных признаков при медленном угасании промежуточных форм.

Итак, отбор не сводится к простой выбраковке негодных животных и сохранению приспособленных к интересам человека. Искусственным отбором путем накопления признаков создаются новые породы и сорта. *Искусственный отбор является главным фактором, главной движущей силой образования новых пород и сортов.* Учение об искусственном отборе теоретически обобщило тысячелетнюю практику человека по созданию пород домашних животных и сортов культурных растений и является одной из важнейших основ современной селекции.

Вопросы и задания

1. Какие формы искусственного отбора выделяет Ч. Дарвин и чем они различаются? 2. Как объяснить многообразие пород домашних животных и сортов культурных растений? Что такое дивергенция признаков? 3. Какая изменчивость — определенная или неопределенная — служит исходным материалом для искусственного отбора? 4. Узнайте, какие породы домашних животных и сорта культурных растений являются основными в ближайшем колхозе, совхозе. Выясните породные и сортовые качества этих животных и растений. 5. Узнайте, какую работу по улучшению пород животных и сортов растений ведет колхоз, совхоз.
Задания 4 и 5 оформите записями, фотоснимками, коллекциями.

§ 7. Борьба за существование

Установив, что главным фактором эволюции пород домашних животных и сортов культурных растений является искусственный отбор, Дарвин перешел к **основной задаче** — выяснению главной движущей силы эволюции видов в естественном состоянии.

Дарвин полагал, что многообразие диких видов и приспособленность организмов к условиям жизни, как и многообразие пород домашних животных и сортов культурных растений, отвечающих интересам человека, нельзя объяснить только наследственной изменчивостью.

Он поставил вопрос: не существует ли и в природе процесс отбора?

Интенсивность размножения. Дарвин обратил внимание на быстроту, с которой размножаются организмы.

Плодовитость животных в ряде случаев достигает поразительной величины. Особь одного вида аскариды, паразита человека, производит в сутки 200 тыс. яиц. Самка трески мечет до 10 млн. икринок. Серая крыса дает 5 пометов в год, по 8 крысят в среднем, которые с трехмесячного возраста начинают размножаться.

Растения образуют огромное число семян. Еще Линней подсчитал, что с одного растения мака можно получить до 32 тыс. семян. В одном плоде кукушкиных слезок, по подсчету Дарвина, не менее 186 300 семян.

Борьба за существование и ее формы. В природе организмов появляется во много раз больше, чем их может просуществовать на данном клочке земли. В результате между организмами происходит состязание — **борьба за существование**. «Я должен предупредить, — писал Дарвин о борьбе за существование, — что применяю это выражение в широком и метафорическом смысле, включая сюда зависимость одного существа от другого, а также подразумевая (что еще важнее) не только жизнь одной особи, но и успех ее в обеспечении себя потомством». Лишь в некоторых случаях борьба за существование выражается в прямой схватке, например когда хищники грызутся из-за добычи или когда хищник сражается с жертвой.

Дарвин различал три формы борьбы за существование: внутривидовую, межвидовую и борьбу с неблагоприятными условиями неорганической природы.

Внутривидовая борьба за существование (состязание) происходит между особями, принадлежащими к одному и тому же виду, например состязание между волками за пищу, между соснами за свет. Эта форма борьбы наиболее напряженная, так как особи одного и того же вида нуждаются в одной и той же пище и подвергаются одним и тем же опасностям.

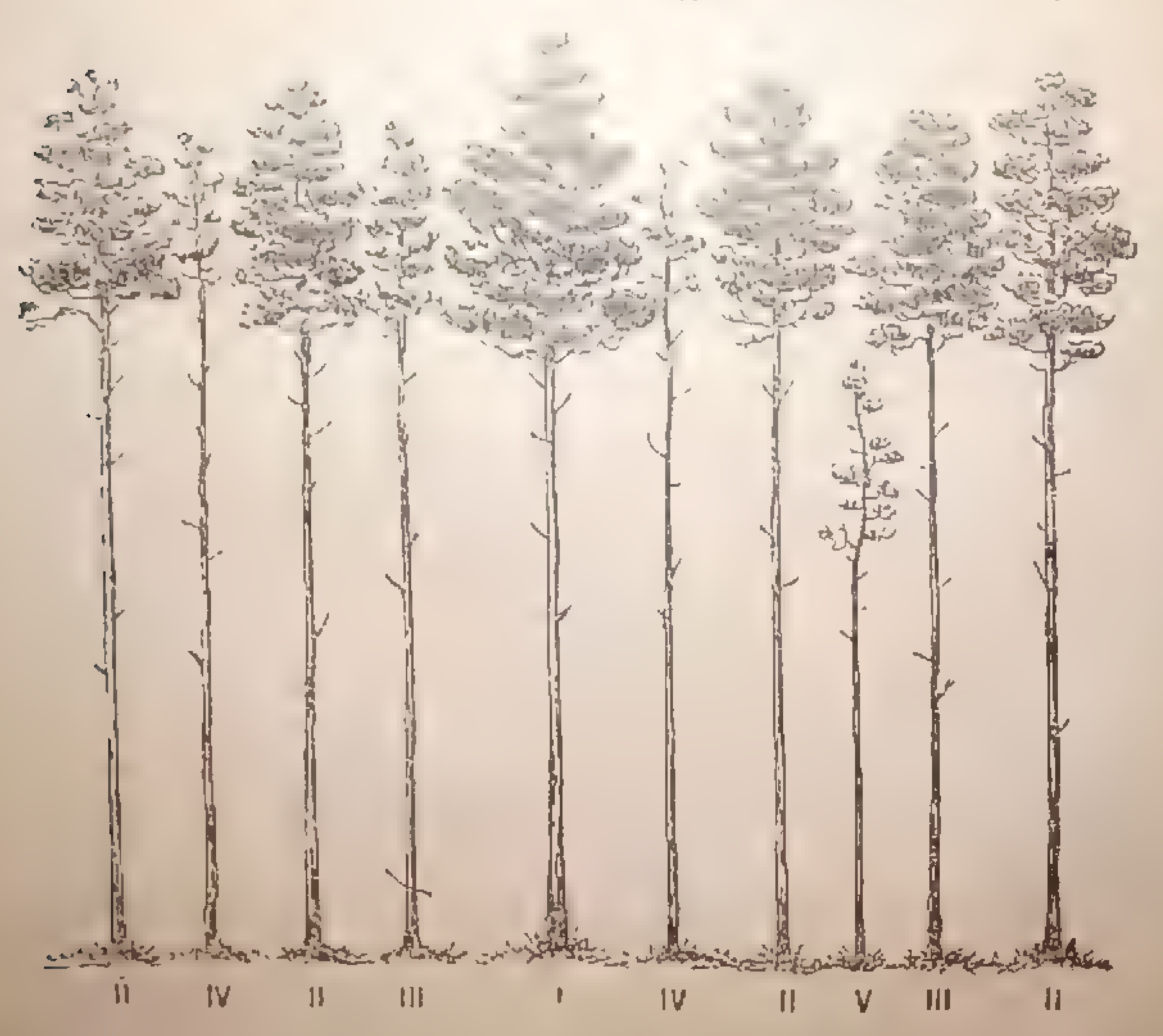
Яркую картину внутривидового состязания можно видеть в одновозрастном хвойном лесу (рис. 14). Самые высокие деревья широко

[illegible] кронами улавливают основную массу солнечных лучей. Они образуют множество шишек. Мощная корневая система доставляет из почвы воду с растворенными в ней минеральными веществами в ущерб более слабым соседям. Деревья-победители подавляют рост и развитие других деревьев до засыхания и гибели.

Межвидовая борьба за существование (состязание) наблюдается между различными видами. Состязание между видами протекает обычно более остро, если они относятся к одному роду и сходны не только по строению, но и в потребностях. Дарвин указывает на ряд таких фактов. Быстрое размножение дрозда-дерябы в некоторых частях Шотландии повлекло за собой сокращение численности другого вида — певчего дрозда. В Австралии обыкновенная пчела, которую привезли из Европы, вытесняет маленькую туземную, не имеющую жала.

Обратимся снова к наблюдениям в лесу, где можно видеть, как один вид вытесняет другой. Под защитой светолюбивых пород — сосны, березы, осины — хорошо развиваются всходы ели, которые вымерзают на открытых местах. А потом по мере смыкания крон молодых елей гибнут всходы светолюбивых пород.

Рис. 14. Сосны в одновозрастном лесном насаждении.
Цифрами обозначены степени угнетения.



Борьба с неблагоприятными условиями [illegible]ической природы наблюдается всюду, где ор[illegible]ся в условиях излишнего тепла или холода, сухо[illegible] влажности. Про растение в пустыне говорят, что оно «борется [illegible]». При продвижении на север или при подъеме в горы в неблагоприятных климатических условиях встречаются зачахшие и [illegible] деревья и кусты, хотя никакие другие растения их не теснят.

Жизненное состязание организмов часто называют *биологическим*, чтобы подчеркнуть, что речь идет только о животных, растениях и микроорганизмах и ни в какой мере не относится к человеку. Биологическое состязание протекает обычно одновременно во всех его формах, но может выразиться в какой-либо одной форме. Все зависит от биологического окружения и условий неорганической природы, в которых оказывается [illegible].

Сложные отношения [illegible] приводил такой пример. Часть [illegible] огородили для защиты от [illegible] сосной. Через 25 лет здесь шумел [illegible] новые обитатели: растения, насеко[illegible] с их сложными взаимными отношениями.

Между видами су[illegible] связей. Во время путешествия Дарви[illegible] севернее и южнее Парагвая множество [illegible] (крупного рогатого скота, лошадей и собак), [illegible] их не было. Оказалось, что в Парагвае в [illegible] один вид мухи, который откладывает [illegible] мых млекопитающих, и они погибают. Если бы [illegible] насекомоядных птиц уменьшилось, то [illegible] насекомых, уничтожающих мух. С уменьшением [illegible] мух началось бы одичание животных. Они, беспрепятственно размножаясь, уничтожали бы растительность, что повлияло бы на численность насекомых, а следовательно, и на насекомоядных птиц и т. д.

Сложные отношения между живыми существами выражаются также во взаимопомощи «общественных» форм насекомых (осы, пчелы, муравьи, термиты), косяках диких лошадей. При опасности молодняк загоняется в середину, вокруг встают кобылы головами к центру, а жеребцы охраняют этот круг.

В лесу, где столь ярки проявления биологического состязания, наблюдается и польза от совместного произрастания деревьев. Здесь по сравнению с открытыми местами создается свой тепловой, водный и воздушный режим: менее резкие колебания температуры, более высокая относительная влажность. В этих условиях под пологом деревьев верхних ярусов произрастают теневыносливые кустарники, травы, мхи, напочвенные водоросли.

Использование человеком взаимоотношений между организмами. Изучение сложных взаимоотношений, существующих между организмами, позволяет использовать их в интересах человека. Так, при

установлении севооборотов соблюдают правильное чередование культур на полях с учетом их отношения к почве, воде, вредителям, болезням и пр. То же самое наблюдается при искусственных посадках лесов. Например, в настоящее время вносят микоризу (гифы грибов) в почвы, лишенные ее. Микориза, внедрившаяся в корни дерева, доставляет влагу и питательные вещества из почвы, обеспечивая нормальный рост дерева (дуб, береза, бук и др.).

При искусственном разведении рыбы водоемы сначала освобождают от хищных (щука, окунь) и малоценных видов, а потом заселяют высокопродуктивными (карп, сиг и др.).

В настоящее время для лечения и предупреждения различных инфекционных заболеваний человека и животных применяют антибиотики и фитонциды. Те и другие представляют собой особые вещества, вырабатываемые растениями, которые способны угнетать жизнедеятельность вредных для этих растений микроорганизмов. Антибиотики вырабатываются многими низшими грибами, фитонциды — многими цветковыми растениями как приспособления в борьбе с другими видами.

Вопросы и задания

1. Какой смысл вкладывал Дарвин в выражение «борьба за существование»? 2. Какие взаимоотношения [illegible] одного вида? Разных видов? Между организмами и неорга[illegible]? 3. Какая форма борьбы за существование протекает наибо[illegible]? 4. На экскурсии или на прогулке в лесу найдите деревья разной степени [illegible] результаты борьбы за существование. Сделайте [illegible].

§ 8. Естественный отбор — движущая сила эволюции органического мира

Сущность естественного отбора. Какие организмы выживают лучше в борьбе за существование?

Всем организмам свойственна индивидуальная наследственная изменчивость. Потомство любой пары диких организмов неоднородно по своим наследственным особенностям. Индивидуальные уклонения в определенных условиях среды могут быть безразличные, вредные и полезные.

Безразличные изменения не оказывают влияния на выживание особей, их плодовитость и судьбу вида в целом.

Вредные изменения снижают плодовитость особей, уменьшают их выживаемость и, по словам Дарвина, будут «неукоснительно подвергаться истреблению». Появление вредных изменений снижает численность особей, ареал видов сокращается, они постепенно угасают и в конечном счете совсем вымирают.

Полезные изменения дают особям преимущество в выживании, хотя бы и минимальное, по сравнению с теми, какие ими не обладают, и «будут иметь больше шансов на сохранение и размножение своего рода».

Сами по себе они не создают нового вида, это только материал для эволюции, который включается в нее через естественный отбор. Таким образом, *изменчивость доставляет материал для эволюционного процесса, наследственность его закрепляет, и отбор оставляет приспособленных.*

Естественным отбором, или переживанием наиболее приспособленных, Дарвин назвал сохранение полезных индивидуальных различий или изменений и уничтожение вредных. В процессе естественного отбора из поколения в поколение особи, обладающие изменениями хотя бы незначительными, [illegible] в [illegible] ных условиях среды, преимущественно [illegible] и оставляют после себя плодовитое потомство. Наоборот, особи с вредными в данных условиях изменениями дают все более и более [illegible] и слабое потомство, что в конце концов приводит к вымиранию [illegible].

Дарвин предупреждал, что естественный отбор не есть [illegible] ный выбор со стороны животных, [illegible], или «какое-то деятельное начало, или божество». Условия среды играют роль отбирающего фактора. Выражение «естественный отбор» Дарвин употреблял ради краткости речи в метафорическом смысле, чтобы обозначить результат действия естественных законов.

Естественному отбору подвергаются совершенно незаметные для человека особенности диких организмов. Любое, самое маловажное, но полезное наследственное изменение подхватывается естественным отбором, накапливается и усиливается в каждом последующем поколении и закрепляется. «Выражаясь метафорически, можно сказать, что естественный отбор, — писал Дарвин, — ежедневно, ежечасно расследует по всему свету мельчайшие изменения, отбрасывая дурные, сохраняя и слагая хорошие, работая неслышно, невидимо, где и когда бы только ни представился к тому случай, над усовершенствованием каждого органического существа по отношению к условиям его жизни, органическим и неорганическим».

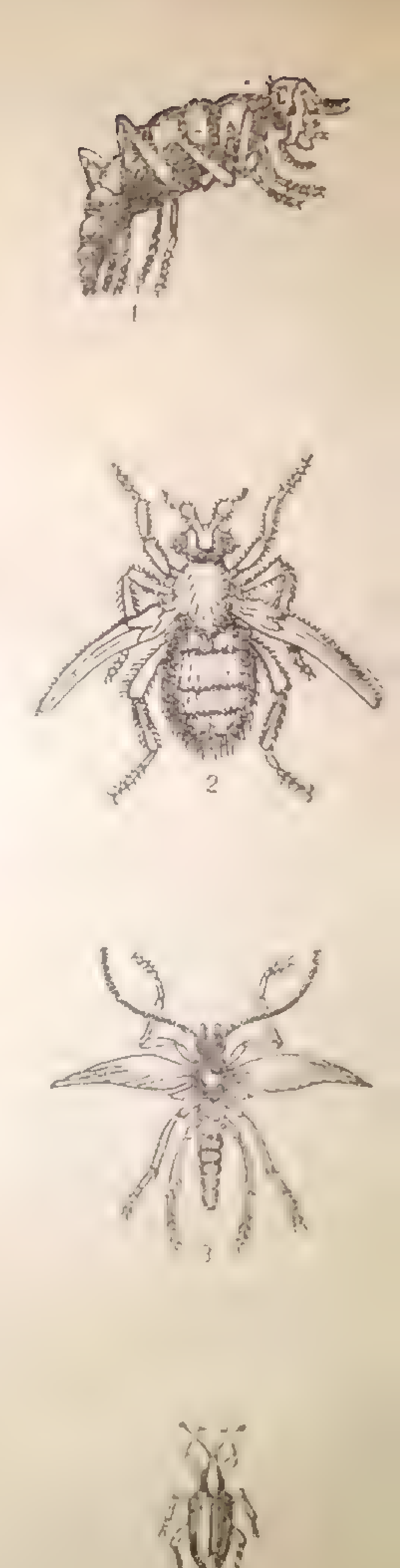
Следовательно, естественный отбор действует через сохранение и накопление полезных для вида наследственных изменений, создавая новые, более совершенные, лучше других приспособленные к среде организмы, обладающие повышенной плодовитостью. В борьбе за существование приспособленные [illegible] реже, чем неприспособленные.

Естественный отбор действует крайне медленно. «Мы ничего не замечаем из самого течения этих медленно совершающихся изменений, пока рука времени не отметит истекших веков». Дарвин особенно подчеркивал могущество естественного отбора, который распространяется на организмы любого пола и в любом возрасте.

Естественный отбор Дарвин считал главной движущей силой процесса эволюции.

Естественный отбор протекает успешнее при широком расселении вида, когда число особей умножается, а вместе с ним увеличивается количество неопределенных наследственных изменений. При таких условиях возможности отбора расширяются.

Примеры действия естественного отбора. Дарвин пояснил действие естественного отбора примерами. Волк охотится за различными животными, побеждая одних силой, других — хитростью, а третьих — быстротой ног. Предположим, что численность самых быстроногих жертв, например оленей, по каким-то причинам сильно возросла, других же животных стало много меньше в то время года, когда волки особенно испытывают недостаток в пище. При данных условиях преимущества будут иметь самые быстрые в беге и самые ловкие волки.



На мелких океанических островах, где часто дуют сильные ветры, Дарвин нашел только бескрылых и длиннокрылых насекомых. Здесь могли сохраняться и размножаться насекомые с длинными крыльями, способные бороться с ветром, или же те, которые совсем не поднимались в воздух, забиваясь в щели (рис. 15); особи с нормально развитыми крыльями уносились ветром в океан, где и погибали.

На острове Вознесения, открытом ветрам со всех сторон, не оказалось ни одного дерева. То же было и на островах Кергеленских, где почти все растения стелются по земле, а самое высокое едва достигает 1 *м*. Многие растения образуют плотные дерновые подушки. Растения высокие или со слабым укоренением стеблей уничтожались здесь в процессе многовекового отбора.

Сравнение действия искусственного и естественного отбора.

С х о д с т в о между этими двумя процессами состоит в том, что основой того и другого служит н а с л е д с т в е н н а я   и з м е н ч и в о с т ь: она доставляет наследственные изменения признаков — материал для отбора.

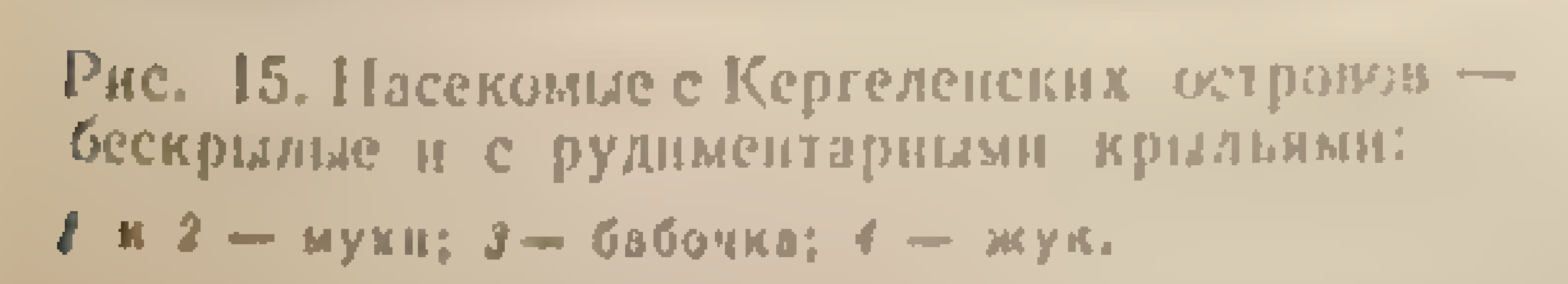


Рис. 15. Насекомые с Кергеленских островов — бескрылые и с рудиментарными крыльями:
1 и 2 — мухи; 3 — бабочка; 4 — жук.

В результате действия искусственного и естественного отбора получаются **новые формы**: при искусственном отборе — породы и сорта, а при естественном — виды.

Однако между этими двумя процессами имеется **существенное различие**. Оно заключается в следующем.

При искусственном отборе человек отбирает по замеченным признакам и направляет действие отбора в сторону, полезную для себя. При этом отбираемые признаки [illegible] для самого организма. Например, [illegible] ного скота совершенно не могли бы [illegible] боты о них человека.

При естественном отборе отбир[illegible] являются условия окружающей среды. Отбираются [illegible]. В силу этого естественный отбор действует [illegible] ма и вида в целом, [illegible].

В результате [illegible] животных и сорта [illegible] к его потребностям [illegible]. А в результате [illegible] отбора создаются виды, [illegible] в [illegible] условиях окружающей среды.

Искусственный отбор [illegible] с того времени, как [illegible] заниматься землед[illegible] и приручением [illegible]. Естественный отбор происходит в [illegible] истории [illegible] мира [illegible] ранний и длительный.

Дарвин ука[illegible], что под влиянием деятельности человека [illegible]венный отбор с течением времени [illegible] искусственный [illegible]ческий через бессознательный отбор. [illegible] при методическом [illegible] проявляется действие [illegible] отбора [illegible] особи предпочитаются [illegible]. Естественный и искусственный отбор [illegible] связаны.

Вопросы и задания

1. Какой процесс на[illegible]? 2. [illegible] служит исходным материалом [illegible]? 3. [illegible] Ч. Дарвин считал главной [illegible]? 4. [illegible] различие между искусственным [illegible].

§ 9. Приспособленность организмов и ее относительность

В XIX веке исследования [illegible] новые данные, [illegible]вающие приспособленность [illegible] к условиям [illegible]ющей среды; вопрос же о причинах [illegible] мира оставался открытым. Дарвин [illegible] приспособленности в органическом мире с [illegible] отбора.

Ознакомимся предварительно с [illegible] фактами, свидетельствующими о приспособленности животных и растений.

Примеры приспособленности в животном мире. В животном мире широко распространены различные формы защитной окраски. Их

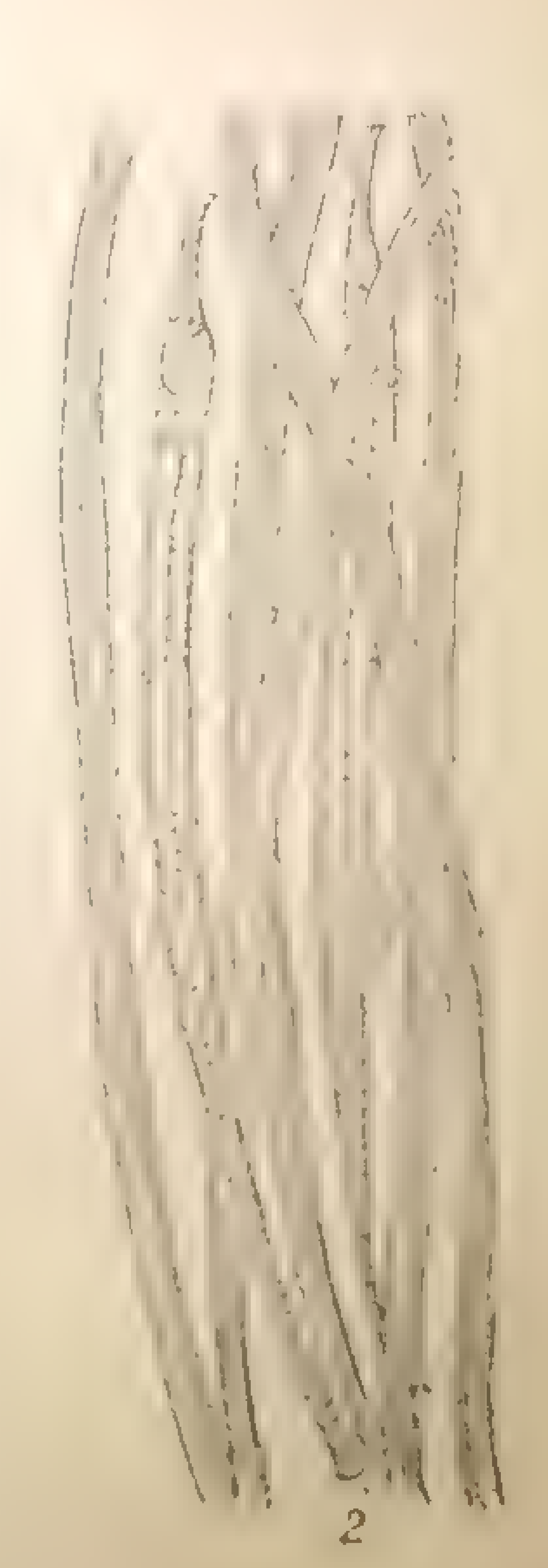
можно свести к трем типам: покровительственная, предостерегающая, маскировочная.

Покровительственная окраска помогает организму стать менее [illegible]метным на фоне окружающ[illegible]. Среди зеленой растительности клоп[illegible], мухи, кузнечики и други[illegible] часто окрашены в зелен[illegible]. [illegible] Крайнего Севера (белы[illegible], [illegible]ный заяц, белая куропат[illegible] [illegible]ет белая окраска. В пус[illegible] [illegible]ют желтые тона окраск[illegible], ящерицы, антилоп[illegible].

Предостерега[illegible] ясно выделяет организм в окружа[illegible] среде яркими, пестрыми цветами, полосами, пятнами (табл. III). Он[illegible] встреча[illegible]ется у ядовитых, [illegible] насекомых: [illegible], жуков-нарывников. Яркая, [illegible]щая окраска обычно со[illegible] другие более действенные сред[illegible] волоски, шипы, жала, [illegible]пахнущие жидкости. К [illegible] окраски относится [illegible].

Маскировка [illegible]ся сходством по форме [illegible] и [illegible] с каким-либо предметом: листом, веткой, сучком, камнем и т. д. (табл. IV и рис. 16). При опасности гусеница б[illegible]деницы вытягивается и [illegible]ке наподобие сучка. Бабочк[illegible] [illegible]лушки в неподвижном состоянии [illegible] принять за кусочек гнилого дерева. Маскировка (табл. V) достигается также **мимикрией**. Под мимикрией име[illegible]ют в виду сходство в окраске, форме тела и даже в поведении и повадках между двумя или несколькими видами животных. Например, шмелевидные и осовидные мухи, лишенные жала, очень похожи на шмелей и ос — жалящих насекомых.





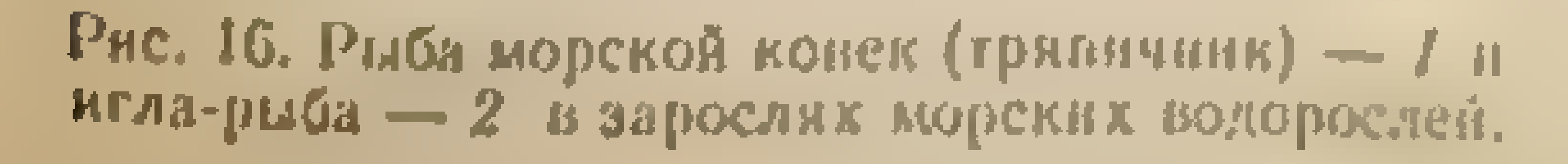


Рис. 16. Рыба морской конек (тряпичник) — 1 и игла-рыба — 2 в зарослях морских водорослей.

Не следует думать, что защитная окраска обязательно и всегда спасает животных от истребления врагами. Но более приспособленные по окраске организмы или группы их погибают значительно реже, чем менее приспособленные.

Наряду с защитной окраской у животных сложились многие другие приспособления к условиям жизни, выражающиеся в их повадках, инстинктах, поведении. Например, перепела в случае опасности быстро опускаются на почву и замирают в неподвижной позе. В пустынях змеи, ящерицы, [illegible] прячутся от [illegible] в песок. В момент опасности многие животные [illegible] позы (табл. V и рис. 17).

Примеры приспособленности у растений. Высокие деревья, кроны которых свободно обдувает ветер, как правило, имеют плоды и семена с летучками. Для подлеска и кустарников, где обитают птицы, характерны яркие, со съедобной мякотью плоди. У многих луговых трав плоды и семена имеют [illegible], которыми они прицепляются к шерсти млекопитающих.

Разнообразные приспособления препятствуют самоопылению и обеспечивают перекрестное опыление растений. У однодомных расте-

Рис. 17. Угрожающие позы [illegible]

1 — паук; *2* — *3* — [illegible]; *4* — [illegible] ушастая круглоголовка; *5* — плащеносная ящерица; *6* — [illegible].



ний мужские и женские цветки созревают неодновременно (огурцы). Растения с обоеполыми цветками защищены от самоопыления разновременным созреванием тычинок и пестиков или особенностями их строения и взаимного расположения (у [illegible]).

Укажем еще примеры: нежные [illegible] весенних растений — ветреницы, чистяка, голубой пере[illegible] и др. — переносят температуры ниже нуля благодаря [illegible] раствора сахара в клеточном соке. [illegible] лость, мелколистность, поверхностное [illegible] вьев и кустарников в тундре (ива, береза, [illegible] но быстрое развитие полярной флоры [illegible] — [illegible] способления к жизни в условиях [illegible].

Плодовитость организмов как приспособление к сохранению вида. Вы уже ознакомились с явлением интенсивного [illegible] низмов (стр. 30) как предпосылкой к борьбе за существование и естественному отбору. Однако способность организмов оставлять многочисленное потомство следует рассматривать и как в а ж н о е п р и с п о с о б л е н и е к с о х р а н е н и ю в и д а. Доказательством служит тот факт, что наиболее многочисленное потомство производится теми видами, у которых оно подвергается массовому уничтожению, например у червей-паразитов, у многих видов рыб. Высокой плодовитостью отличаются животные мелкие по размерам, слабосильные — виды мышевидных грызунов, а также многих насекомых. У видов с развитым инстинктом охраны потомства оно немногочисленное. Самка различных видов колюшки откладывает всего 120—150 икринок в гнездо, построенное самцом, который охраняет оплодотворенную икру и мальков.

Многие сорные растения производят [illegible] большее количество семян, чем культурные, — это приспособ[illegible] признак.

Многообразие приспособлений. Виды растений и животных отличаются приспособленностью не только к условиям [illegible] среды, но и друг к другу. Например, [illegible] покров весной образуют светолюбивые [illegible] медуница, чистяк), а летом [illegible] лапчатка). Опылителями ранневесенних [illegible] образом пчелы, шмели и бабочки [illegible] ются обычно мухами. Многочисленные [illegible] пополз[иль]), [illegible] в широколиственных [illegible] дителей.

В одной и той же среде обитания организмы [illegible] приспособлениями. Птица оляпка не имеет плавательных [illegible], хотя она добывает себе пищу, [illegible] и цепляясь ногами за камни. [illegible] животным, но первый рост [illegible] земные ходы головой и сильными [illegible] мощи ластов, а дельфины пользуются [illegible].

Происхождение приспособлений у организмов. [illegible] ления сложных и многообразных приспособлений к конкретным

условиям окружающей среды, данное Дарвином, в корне отличалось от понимания этого вопроса Ламарком. Эти ученые **резко разошлись также в определении главных движущих сил эволюции.**

Пользуясь **теорией Дарвина**, можно дать вполне логичное материалистическое объяснение происхождения, например, покровительственной окраски. Рассмотрим возникновение зеленого цвета тела гусениц, живущих на [illegible] листьях. Предки их могли быть окрашены в какой-либо другой цвет и не питаться листьями. Предположим, что в силу каких-то обстоятельств они вынуждены были перейти на питание зелеными листьями. Легко представить себе, что птицы склевали множество этих насекомых, хорошо заметных на зеленом фоне. В числе различных наследственных изменений, которые всегда наблюдаются в потомстве, могли быть изменения в окраске тела гусениц, делавшие их менее заметными на зеленых листьях. Из числа гусениц с зеленоватой [illegible] особи сохранились и дали плодовитое потомство. В [illegible] поколениях процесс преимущественного выживания гусениц, менее заметных по окраске на зеленых листьях, продолжался. С течением времени благодаря естественному отбору зеленая окраска тела гусениц все более и более соответствовала основному фону.

Возникновение мимикрии может быть объяснено также лишь естественным отбором. Организмы с малейшими уклонениями в форме тела, окраске, поведении, усиливающими сходство с защищенными животными, имели больше возможности выжить и оставить многочисленное потомство. Процент гибели таких организмов был ниже по сравнению с теми, кто не обладал полезными изменениями. Из поколения в поколение полезное изменение усиливалось и совершенствовалось через накопление признаков сходства с защищенными животными. Подобным образом объясняется происхождение различных других приспособлений у животных и растений к окружающей среде.

Движущая сила эволюции — естественный отбор.

Теория Ламарка оказалась совершенно бесплодной в объяснении органической целесообразности, например происхождения различных типов защитной окраски. Нельзя же предположить, что животные «упражнялись» в окраске или форме тела и путем упражнения приобрели приспособленность. Нельзя объяснить по Ламарку и факты взаимной приспособленности организмов друг к другу.

Например, совершенно необъяснимо по Ламарку соответствие хоботка у рабочих пчел строению цветка определенных видов опыляемых ими растений. Рабочие пчелы не размножаются, а плодовитые матки хотя и производят потомство, но не могут «упражнять» хоботок, так как не собирают пыльцу.

Вспомним движущие силы эволюции по Ламарку (стр. 12): 1) «стремление природы к прогрессу», вследствие чего органический мир

развивается от простых форм к сложным, и 2) изменяющее действие внешней среды (непосредственное на растения и низших животных и косвенное с участием нервной системы на высших животных).

Понимание Ламарком градации как постепенного повышения организации живых существ [illegible] по существу приводит к признанию [illegible]. Теория [illegible] приспособления организмов к условиям [illegible] у них только адекватных [illegible] приобретаемых этим путем [illegible] представления об изначальной целесообразности. [illegible] *приобретаемых признаков* [illegible]

Чтобы отчетливее [illegible] на в понимании механизма [illegible] ственными словами одно[illegible]

Образование длинных ног и шеи у жирафы

По [illegible]

«Известно, что [illegible] питающих животных обитает во внутренних [illegible] в местах, где почва всегда сухая и [illegible] заставляет жирафу объедать листву деревьев [illegible], чтобы дотянуться до нее. Вслед[illegible], существующей с давних пор у всех особей данной пор[illegible] жирафы стали длиннее задних, а ее шея наст[illegible]сь, что это животное, даже не приподнимаясь на зад[illegible] только голову, достигает шести метров (около два[illegible]сотv. ... Всякое же изменение, приобретенное ор[illegible]чному употреблению, достаточному для того, [illegible] изменение, сохраняется в дальнейшем [illegible]ии, если оно присуще обоим индивиду[illegible] в оплодотворении при воспроизведении своего в[illegible] передается дальше и переходит, таким образом, [illegible]мам последующих поколений, подвергающимся во[illegible]ю тех же условий, хотя потомкам уже не приходится пр[illegible]ать его тем путем, каким оно действительно было создано».

По Дарвину

«Жирафа по [illegible] ногам, голове и языку [illegible] с верхних ветвей деревьев. [illegible] дюйм или на два длиннее других, [illegible] засух, бродя в поисках за [illegible]. Эта незначительная разница в размерах, обусловленная законами роста и измен-

чивости, не имеет значения для большинства видов. Но иначе было с нарождавшейся жирафой, если принять во внимание ее вероятный образ жизни, потому что те особи, у которых какая-либо или несколько разных частей тела были длиннее, чем обыкновенно, вообще должны были переживать. При скрещивании они должны были оставлять потомков или с теми же самыми особенностями строения, или с наклонностью изменяться в том же направлении, тогда как особи, организованные менее благоприятно в этом отношении, должны были оказаться наиболее склонными к гибели.

... естественный отбор и охраняет и тем самым отделяет всех более высоких особей, давая им полную возможность скрещиваться, и способствует уничтожению всех более низких особей.

Теория прямого приспособления организмов к условиям окружающей среды через появление адекватных изменений и их наследование находит сторонников, хотя очень немногих, и в настоящее время. Вскрыть ее идеалистический характер возможно только на основе глубокого усвоения учения Дарвина о естественном отборе как движущей силе эволюции.

Относительность приспособлений организмов. Учение Дарвина о естественном отборе не только объяснило, как могла возникнуть приспособленность в органическом мире, но и доказало, что она всегда имеет о т н о с и т е л ь н ы й характер. Это означает, что целесообразность не является всеобщим свойством органического мира. У животных и растений наряду с полезными признаками встречаются бесполезные и даже вредные.

Вот несколько примеров бесполезных для организмов, нецелесообразных органов: грифельные косточки у лошади, остатки задних конечностей у кита, остатки третьего века у обезьян и человека, червеобразный отросток слепой кишки у человека.

Любое приспособление помогает организмам выжить только в тех условиях, в которых оно выработалось естественным отбором. Но и в этих условиях оно относительно. В яркий солнечный день зимой белая куропатка выдает себя густой тенью на снегу. Заяц-беляк, незаметный на снегу в лесу, становится видным на [illegible], выбежав на его опушку.

Наблюдения за проявлением инстинктов у животных в ряде случаев показывают их нецелесообразный характер. Ночные бабочки летят на огонь, хотя и гибнут при этом. Но влечение к свету целесообразно: они собирают нектар в основном со светлых цветков, хорошо заметных ночью. Самая лучшая защита организмов далеко не во всех случаях надежна. Овцы съедают без всякого вреда для себя среднеазиатского паука каракурта, укус которого ядовит для многих животных.

Узкая специализация органа может стать причиной гибели организма. Например, прекрасный летун стриж не может взлететь с ровной поверхности, так как у него длинные крылья, но очень короткие ноги. Он взлетает, только оттолкнувшись от какого-то края как трамплина.

Приспособления растений, препятствующие поеданию животными, относительны. Голодный скот поедает и растения, [illegible] колючками. Взаимная польза [illegible], [illegible] отношениях симбиоза, также относительна. В ряде случаев [illegible] нити лишайника разрушают сожительствующие [illegible].

Все приведенные и [illegible] что целесообразность не абсолютна, а отно[illegible].

Экспериментальные доказательства естест[illegible] отбора. В последарвиновское [illegible], подтвердивших [illegible] естественного отбора. [illegible], рыбы (гамбузии) были [illegible] дном. Птицы уничтожили 70% рыб [illegible] заметны, и только 43% там, где [illegible] фону дна.

В другом эксперименте наблюдали за [illegible] ряд воробьиных), который не клевал гусениц [illegible] тельственной окраской, пока они не начнут шевелиться.

Экспериментально доказано, что если насекомые находятся на фоне, соответствующем их окраске, то они [illegible]. Так, на побуревшей траве, где были [illegible] насекомые [illegible] по 20 особей желтых, зеленых и бурых, [illegible] 11 [illegible], 12 желтых и только 4 бурых.

Опытами подтверждено [illegible] в процессе естественного отбора. [illegible] на досках насекомых, относящихся к 200 видам. Птицы [illegible] около 200 раз и склевывали только тех насекомых, у которых не было предостерегающей окраски.

Так же опытным путем было установлено, что [illegible] избегает перепончатокрылых насекомых в [illegible] с неприятным вкусом их внутренних органов. [illegible] (от трех до шести месяцев) не [illegible] мух. [illegible] клевать их, пока не [illegible] мух.

Производились [illegible]. [illegible] поедали личинок жука [illegible] краской [illegible]. Часть личинок [illegible] или другим неприятным на [illegible]. Птицы, [illegible] шись на таких личинок, [illegible]. Опыт [illegible] птицы брали только тех, [illegible] вкусом. Таким образом, [illegible] преждающие яркие сигналы или рисунки.

Экспериментальное [illegible] лось и ботаниками. [illegible], произрастающих в посевах культурных растений. [illegible], что сорные растения обладают рядом биологических особенностей, [illegible] и развитие которых можно объяснить только как приспособления к условиям, созданным человеческой культурой. Например, растения

рыжик (сем. крестоцветных) и торица (сем. гвоздичных) имеют семена очень похожие по величине и весу на семена льна, посевы которого они засоряют. То же можно сказать о семенах погремка бескрылого (сем. норичниковых), засоряющего посевы ржи. Сорные растения созревают обычно одновременно с культурными растениями. Семена тех и других трудно отделяются друг от друга при провеивании. Человек скашивал, обмолачивал сорняки вместе с урожаем, а потом и высевал на поле. Невольно и бессознательно он способствовал естественному отбору семян различных сорных растений по линии сходства с семенами культурных растений.

Вопросы и задания

1. [illegible] примеры. 2. [illegible] 3. [illegible] 4. [illegible] относительной приспособленности у растений [illegible] лений? 5. [illegible] 6. Как объяснить [illegible] 7. [illegible] 8. Правильно ли сформулированы вопросы: 1) зачем у шиповника яркие цветки; 2) для чего бабочки [illegible] ответ. Предложите свои формулировки. 9. [illegible] искусственного и естественного отбора; 2) [illegible]

§ 10. Образование новых видов

Растения и животные, принадлежащие к разным видам, различаются между собой по строению, размерам тела, жизненным потребностям и другим признакам.

С давних пор человека поражало многообразие органического мира. Как оно возникло? Учение о естественном отборе объясняет, как образуются **новые виды в природе**. Дарвин исходил из фактов, касающихся домашних пород. Первоначально породы домашних животных были менее разнообразными по сравнению с современными. Преследуя разные цели, люди проводили искусственный отбор в различных направлениях. В результате породы **дивергировали, т. е. расходились в признаках** между собой и с их общей родоначальной породой (стр. 28).

Дивергенция в естественных условиях. Дивергенция происходит все время в природе, и ее движущей силой является естественный отбор. Чем больше отличаются друг от друга потомки какого-нибудь вида, тем легче они расселяются по более многочисленным и более разнообразным ареалам, тем легче будут размножаться. Дарвин рассуждал таким образом. Какое-то хищное четвероногое по численности достигло предела возможности существования в данной местности. Допустим, что физические условия страны не изменились: мо-

жет ли этот хищник размножаться дальше? Размножение возможно, если потомки захватят места, занятые другими животными. А это может произойти в связи с переходом на другую пищу или в новые условия обитания (на деревьях, в воде и т. п.). [illegible] будут по своим признакам [illegible] распространятся.

Дарвин [illegible] травы одного вида, а на другом, похожем — травы, относящиеся к нескольким различным видам или родам, то во втором случае общий урожай [illegible]

В [illegible] семействам.

[illegible]

[illegible] формы, [illegible] больше [illegible]

[illegible] и идет процесс вымирания, и оба они тесно связаны между [illegible] так как они меньше конкурируют между собой, чем промежуточные и родоначальные, которые постепенно редеют, вытесняются и [illegible]рают.

Разновидность — ступень к образованию вида. [illegible]

[illegible] вятся особыми, новыми вида[illegible]

Различ[illegible] Разновидности одного вида скрещи[illegible] родовитое потомство. Виды в естественных у[illegible] скрещиваются, благодаря чему происходит [illegible] изоляция видов.

Чтобы лучше пояснить, как идет процесс видообразования в природе, Дарвин предложил [illegible] (рис. 18).

На схеме изображены [illegible] одного обширного рода, обозначенных буквами A, B, C и т. д. —

Рис. 18. Схема дивергенции.

до L включительно. Расстояния между буквами показывают близость между видами.

Так, виды, обозначенные буквами D и E или F и G, менее сходны друг с другом, чем виды A и B или K и L и т. п. Горизонтальные линии означают отдельные этапы [illegible] видов, причем каждый этап условно принят за 1000 [illegible].

Проследим эволюцию вида A. Пучок [illegible] точки A изображает его потомков. В силу [illegible] изменчивости они будут отличаться друг от друга и от родоначального вида A. Полезные изменения сохранятся в процессе [illegible] отбора. При этом обнаружится [illegible] дивергенции [illegible], наиболее различающиеся между собой (крайние линии a^1 и m^1) [illegible], сохраняются, будут накапливаться из поколения в поколение и все более расходиться. Со временем систематики признают a^1 и m^1 особыми разновидностями.

Пусть в течение первого этапа — первой тысячи лет — от вида A произошли две ясно выраженные разновидности a^1 и m^1. Под действием условий, вызвавших изменения родительского вида A, эти разновидности станут изменяться и дальше. Может быть, на десятом этапе они будут иметь такие различия между собой и с видом A, что их следует считать за два отдельных вида: a^{10} и m^{10}. Часть разновидностей будет вымирать и, возможно, до десятого этапа достигнет только f^{10}, образуя третий вид. На последнем этапе представлены 8 новых видов, взявших начало от вида A: a^{14}, q^{14}, p^{14}, b^{14}, f^{14}, o^{14}, e^{14} и m^{14}. Виды a^{14}, q^{14} и p^{14} ближе друг к другу, чем к остальным видам, и образуют один род, остальные виды дают еще два рода (проследите это, пользуясь схемой). Эволюция вида I протекает сходным образом, проследите это по схеме.

Судьба других видов иная: из них только виды E и F доживают до десятого этапа, вид E затем вымирает. Особо замечателен вид F^{14}: он сохранился до нашего времени почти не изменившись по сравнению с родоначальным видом F, промежуточным между родоначальными видами A и I. Так может произойти, если условия окружающей среды не изменяются или очень мало изменяются в течение длительного времени.

Дарвин подчеркивал, что в природе не всегда сохраняются лишь наиболее расходящиеся крайние разновидности, средние также могли выжить и дать потомство. Один вид может обгонять других в своем развитии; из крайних разновидностей иногда развивается только одна, но может случиться, что развиваются и три. Все зависит от того, как складываются бесконечно сложные отношения организмов между собой и с окружающей средой.

Эта схема помогает представить образование новых видов, родов и семейств от одного родоначального вида благодаря процессу дивергенции и вымирания.

Примеры видообразования. Приведем примеры образования видов, причем будем пользоваться термином п о д в и д, принятым в науке вместо «разновидность».



Рис. 19. Дивергенция в роде лютиков:

1 — лютик [illegible] листный [illegible] растение); 2 — [illegible] гам рек, на лугах); 3 — лютик золотистый (по лугам, садам, у дорог); 4 — лютик кассубийский (по лесам, кустарникам, паркам); 5 — лютик ядовитый (в очень сырых местах).

Широко расселенные виды, например медведь бурый, заяц-беляк, лисица обыкновенная, белка обыкновенная, встречаются от Атлантического до Тихого океана и имеют большое число подвидов. В средней полосе СССР произрастает более 20 видов лютика. Все они произошли от одного родоначального вида. Потомки его захватили различные места обитания — степи, леса, поля и благодаря дивергенции постепенно обособились друг от друга сначала в подвиды, потом в виды (рис. 19). Ознакомьтесь с другими примерами (рис. 20 и 21).

В и д о о б р а з о в а н и е   п р о д о л ж а е т с я и в наше время. На Кавказе живет сойка с черным оперением на затылке. За самостоятельный вид ее еще нельзя считать, это подвид обыкновенной сойки. В Америке встречается 27 подвидов певчего воробья. Большинство из них внешне мало отличаются один от другого, но некоторые имеют резкие отличия. Со временем промежуточные по своим признакам подвиды могут вымереть, а крайние станут самостоятельными молодыми видами, утеряв способность скрещиваться друг с другом.

Значение изоляции. Обширность территории расселения вида благоприятствует естественному отбору и дивергенции. Это происходит при расселении какого-либо вида в обособленных друг от друга местностях. В подобных случаях проникновение организмов из одной местности в другую сильно затруднено и возможность скрещивания между ними резко снижается или совершенно отсутствует.

Приведем примеры. На Кавказе в разделенных высокими горами местностях водятся особые подвиды бабочек, ящериц и пр. В озере Байкал живут многие виды и роды ресничных плоских червей, ракообразных и рыб, больше нигде не встречающихся (рис. 22). Это озеро отделено от других водных бассейнов горными хребтами уже около 20 млн. лет и только через реки сообщается с Северным Ледовитым океаном.



Рис. 20. Дивергенция в роде синиц:

1 — большая синица; 2 — лазоревка; 3 — хохлатая синица; 4 — гаичка; 5 — московка.

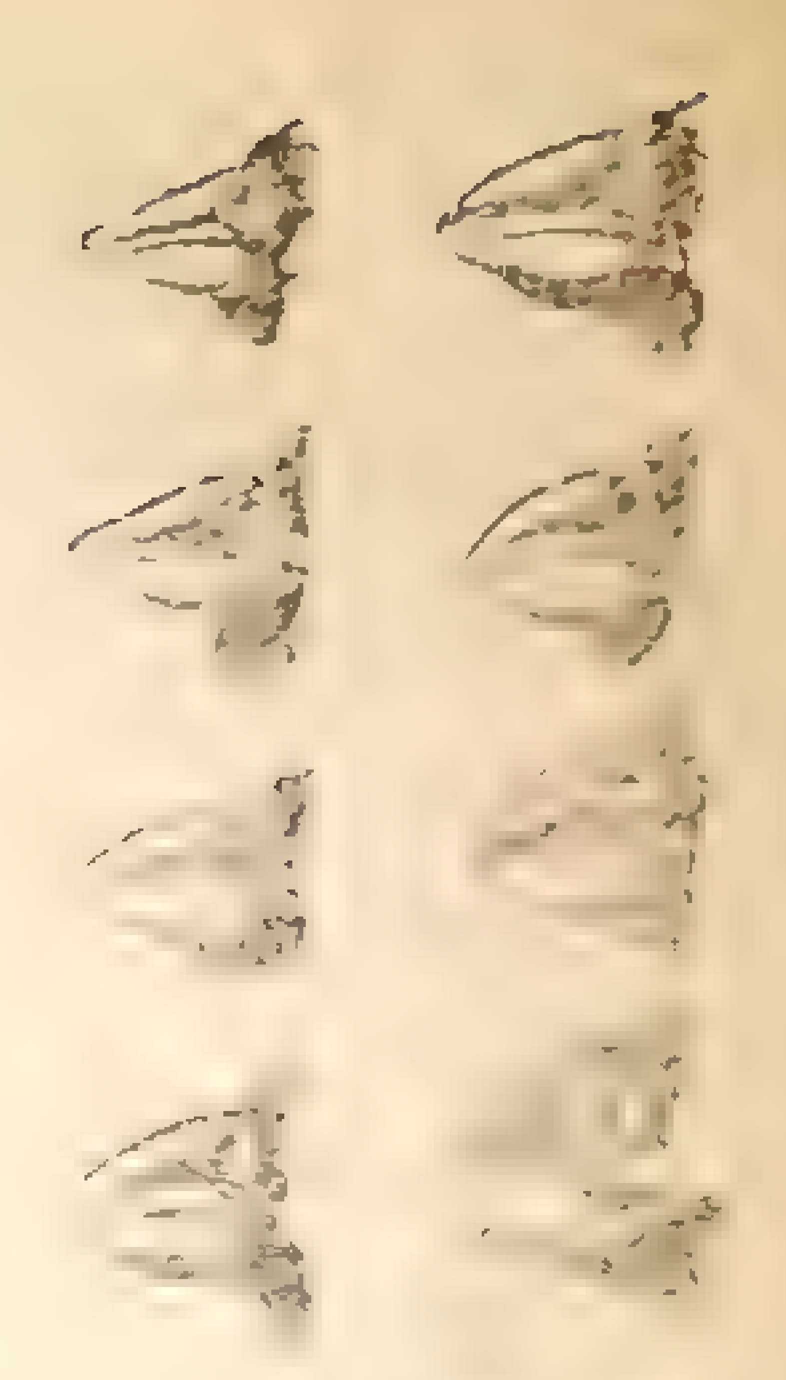


Рис. 21. Изменение формы клюва у потомков одного вида вьюрка.

В других случаях организмы не могут скрещиваться вследствие **биологической изоляции**. Например, два вида воробья — домовый и полевой — зимой держатся совместно, но гнездятся они обычно по-разному: первый — под крышами домов, второй — в дуплах деревьев, по опушкам леса. Вид черного дрозда в настоящее время распадается на две группы, еще не различимые внешне. Но одна из них обитает в глухих лесах, другая держится близ жилья человека. Это начало образования двух подвидов.

Конвергенция. В сходных условиях существования животные различных систематических групп иногда приобретают сходные приспособления к окружающей среде, если подвергаются действию одного и того же отбирающего фактора. Этот процесс получил название **конвергенции** — схождения признаков. Например, передние роющие конечности крота и медведки очень сходны, хотя первый из них относится к классу млекопитающих, а второй — к насекомым. Известно, как сильно напоминают друг друга по форме тела кит, дельфин и рыбы, как сходны конечности у плавающих животных, относящихся к разным классам. (Приведите другие примеры.) Конвергентными бывают и физиологические особенности. Накопление жира у ластоногих и китообразных (два разных отряда) объясняется результатом естественного отбора в условиях водной среды, уменьшающей потерю тепла.

Конвергенция в пределах крупных систематических групп (типов, классов) объясняется только действием сходных условий существования на течение естественного отбора (рис. 23). На конвергенцию у сравнительно близко родственных животных влияет еще и единство их происхождения, которое как бы облегчает возникновение сходных наследственных изменений. Именно поэтому она и наблюдается чаще в пределах одного и того же класса (рис. 24).

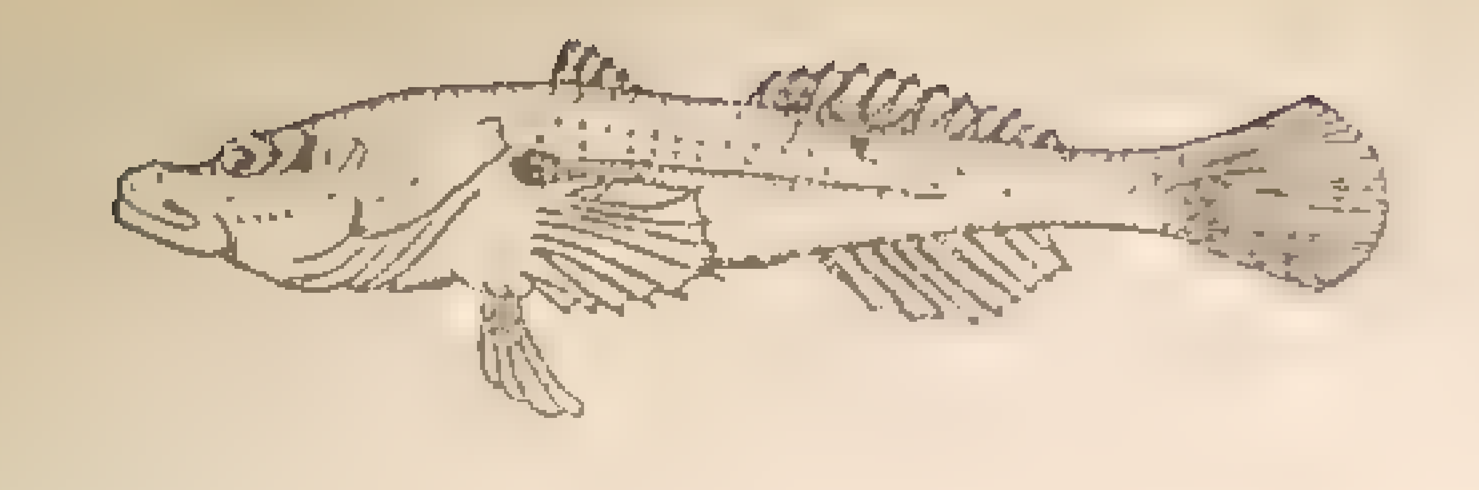




Рис. 22. Рыбы Байкала:

вверху — лимнокоттус; *внизу* — голомянка.

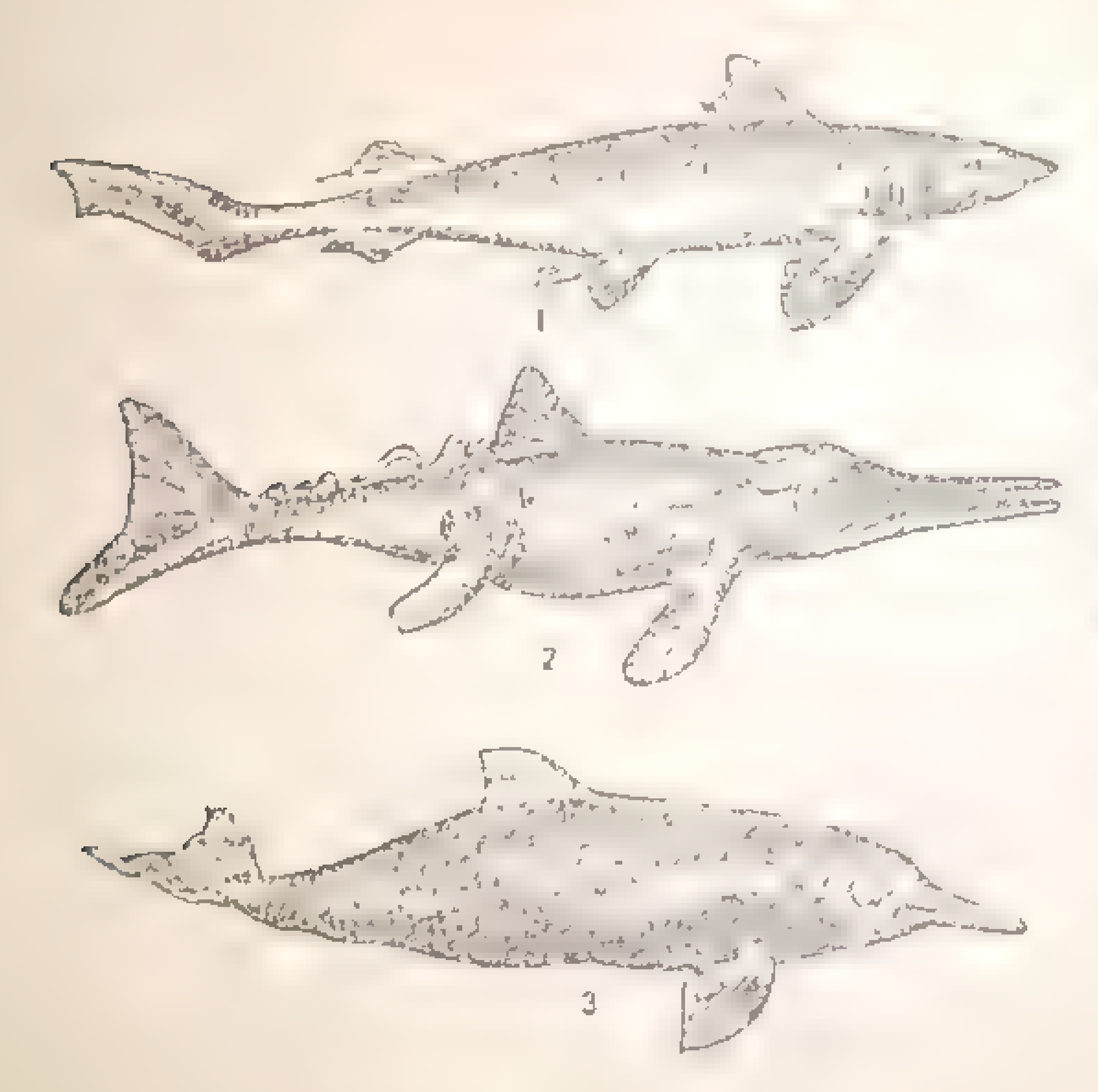


Рис. 23. Конвергенция у водных позвоночных

1 — акула; *2* — ихтиозавр; *3* — дельфин.



Многообразие видов. Учение Дарвина об эволюции органического мира объясняет многообразие видов как неизбежный результат естественного отбора и связанной с ним дивергенции признаков.

Постепенно в процессе эволюции виды усложнялись, органический мир поднимался на все более высокую ступень развития. Однако повсюду в природе одновременно сосуществуют животные и растения, обладающие разной степенью сложности своей организации.

Почему же естественный «отбор не поднял» все низкоорганизованные группы на высшую ступень организации?

Согласно теории Дарвина об эволюции органического мира естественный отбор всегда дает только преимущество тем изменениям, которые п о л е з н ы особям (или виду) в их условиях жизни. «А спрашивается, — писал Дарвин, — какую пользу, насколько мы в состоянии о том судить, могли бы извлечь из более высокой организации инфузория, глист или даже земляной червь?»

Естественным отбором все группы растений и животных приспособлены лишь к своим условиям существования, поэтому и не могли подняться все на одну и ту же высокую ступень организации. Если

◄ Рис. 24. Конвергенция у роющих млекопитающих:

1 — сумчатый крот; *2* — крот обыкновенный.

эти условия **не требовали повышения сложности** строения, то степень ее и не повышалась потому, что, по словам Дарвина, «при очень простых жизненных условиях высокая организация не оказала бы никакой услуги». В Индийском [illegible] при более или менее постоянных условиях обитают [illegible] моллюсков (наутилусов), почти не изменившиеся на [illegible] сотен тысячелетий. То же относится к современным кист[illegible].

Таким образом, [illegible] **разной сложности строения** [illegible]венного отбора [illegible].

Результаты естественного отбора. [illegible] три важнейших следствия, [illegible]: 1) [illegible] усложнение и повы[illegible] организации [illegible]; 2) приспособленность организмов [illegible] внешней [illegible]; 3) [illegible] видов.

Вопросы и задания

1. Начертите дарвиновскую схему [illegible] этот процесс в природе. 2. Приведите [illegible]. 3. Что такое конвергенция? Объясните [illegible] имеет место в пределах одного класса. 4. К[illegible] существование в природе организмов разной ст[illegible].

§ 11. Современная система растений и животных как отображение эволюции

Систематические группы. В настоящее время систематики распределяют организмы по [illegible], используя следующие основные систематические категории: [illegible], класс, отряд, [illegible], род, вид. Для обширных систематических групп [illegible] категории: подклассы, [illegible] и др. Многочисленность систематических категорий [illegible] многообразием видов и стремлением [illegible] животного мира, которая [illegible] группами организмов.

Вспомните схему дивергенции [illegible]ном (стр. 46). При [illegible] в таком виде (рис. 25).

Теперь схема наглядно показывает образо[illegible] видов, но и высших систематических [illegible]. Продолжите составление схемы до образования [illegible].

Схема отображает [illegible]щего предка. Родство видов между собой оп[illegible]дением, и поэтому в ряде случаев систематическая [illegible] естественной группой.

Принципы современной классификации. [illegible] строилась на немногих произвольно [illegible] признаках ([illegible] классификацию растений Линнея). Попытки создать естественную

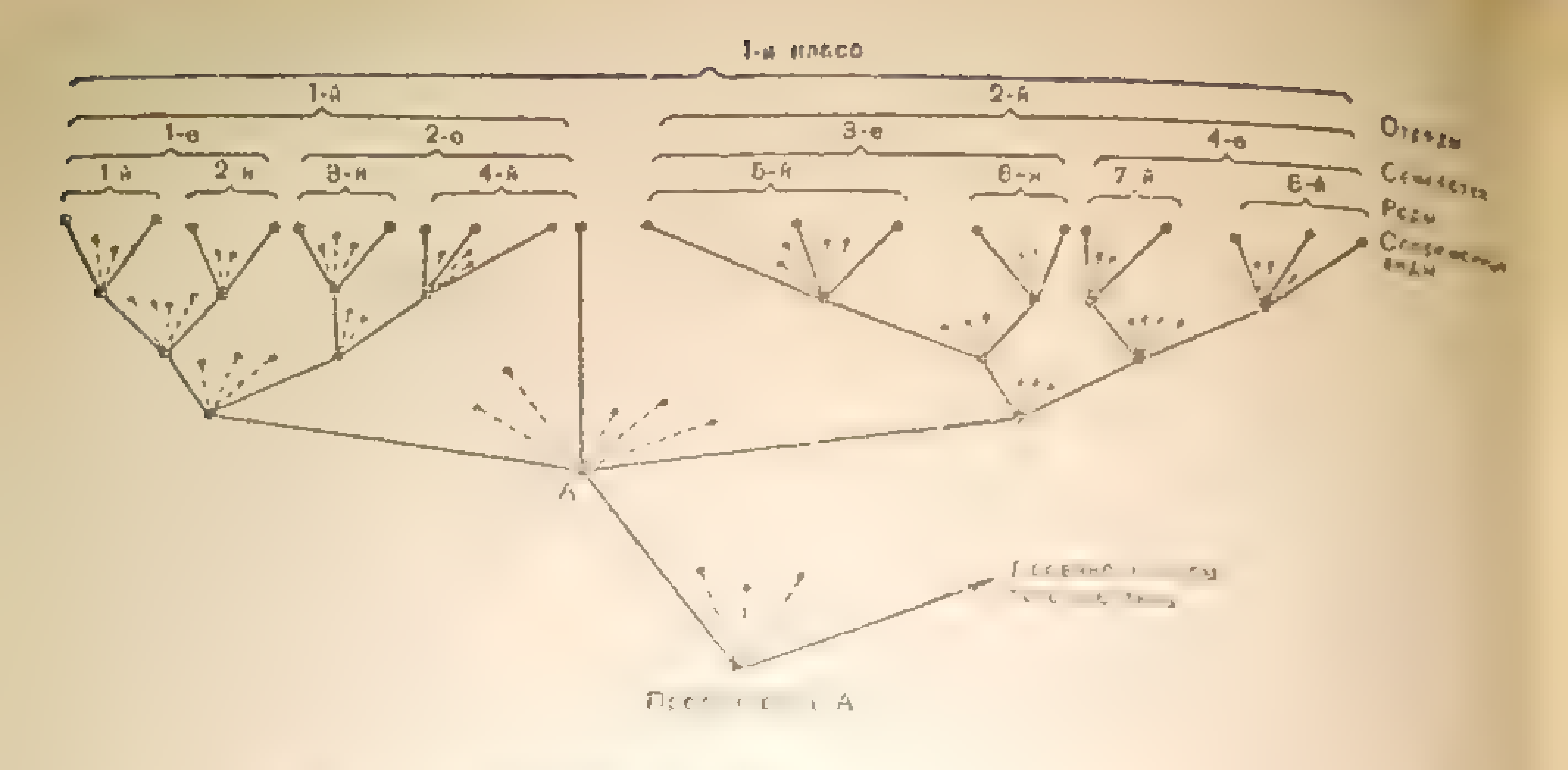


Рис. 25. Эволюция систематических групп.

систему до Дарвина не могли бы и установить, так как натуралисты искали в ней отображение порядка, якобы установленного в природе творцом, а не родство организмов между собой.

В настоящее время при классификации растений и животных учитывают признаки, свидетельствующие о родстве видов как с ныне живущими, так и с вымершими. Признаки приспособительного характера могут быть весьма сходными, но оказаться результатом конвергенции, а не общего происхождения. Дельфин и акула внешне похожи, хотя по происхождению они далеки друг от друга, и поэтому их относят к различным классам позвоночных.

Определяя место животного или растения в системе, учитывают совокупность его признаков в различном возрасте, а также признаки, обнаруженные у ископаемых предков.

В современной системе виды распределяют по группам на основе связей между ними по происхождению, что **отображает сам ход эволюции**. Поэтому современная система в отличие от додарвиновской искусственной показывает большую или меньшую степень родства видов, объединяемых в один род, родов — в одно семейство и т. д. Тем не менее она еще далека от совершенства, так как происхождение целого ряда групп животных и растений не выяснено.

Реальность вида. Факты распадения вида на подвиды — прекрасное доказательство непостоянства и изменяемости видов.

Но если виды текучи и изменяемы, то действительно ли они существуют в природе?

Линней полагал, что виды на самом деле существуют в природе, но они постоянны, неизменны и сотворены каждый в отдельности, т. е. он отрицал их историческое развитие (стр. 9). Ламарк доказал развитие живой природы, но считал вид отвлеченным понятием, который

пользуются для удобства при классификации (стр. 11). Только к концу жизни он высказался за реальность вида.

Итак, вот два взаимоисключающих положения:

1. Виды существуют, но развития нет (Линней).
2. Развитие происходит, но видов нет (Ламарк).

Дарвин объединил идею об эволюции органического мира с положением о действительном, реальном существовании видов в природе, допустив, что виды существуют в природе временно. Это положение подтверждается изучением ископаемых остатков вымерших видов, ранее населявших Землю.

Популяции. В зависимости от микроклимата, наличия и количества кормовых объектов, врагов, почвы и т. п. вид расселялся на территории (ареале) неравномерно, с перерывами, как бы пятнами — популяциями.

Популяцией называют естественную группировку особей одного вида на отдельном участке его ареала.

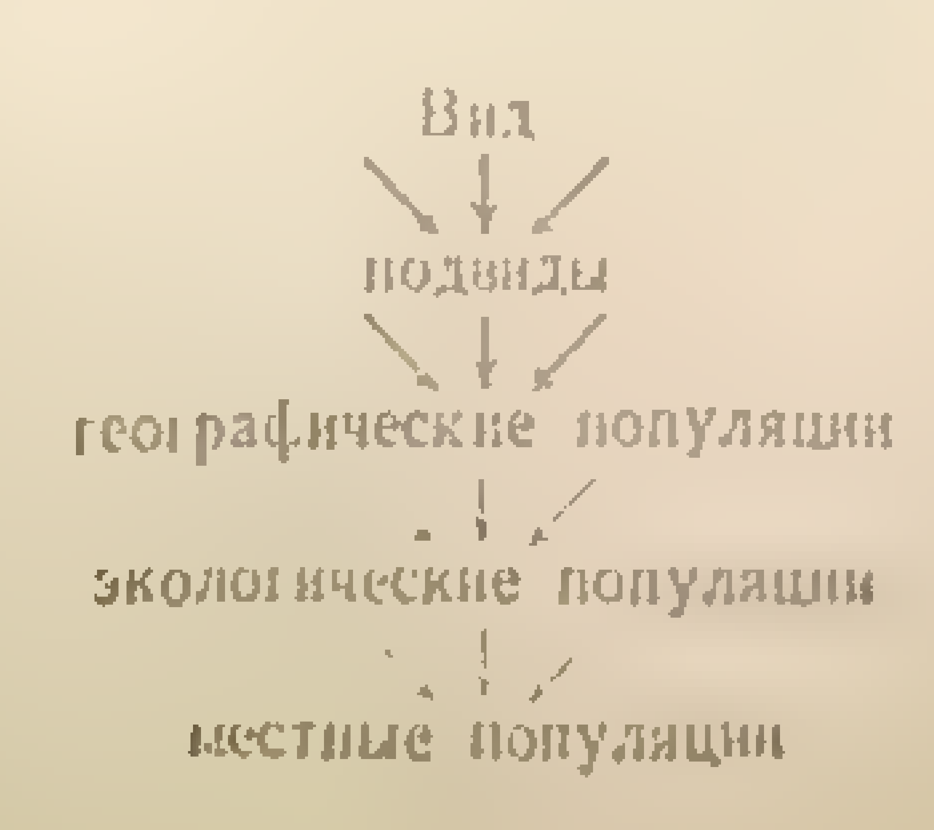
Представители любого вида в лесу, на лугу, в водоеме образуют местную популяцию.

Большинство видов распадается на сотни и тысячи местных популяций, но некоторые виды состоят всего из одной местной популяции. Совокупность местных популяций, связанных с однородными по условиям жизни участками ареала вида, составляет экологическую популяцию. Если вид обитает и в еловом, и в сосновом лесу, то считают, что он имеет две экологические популяции: еловую и сосновую. Наконец, популяции в пределах ареала вида, связанные с определенными географическими границами, называют географическими популяциями.

Размеры и границы популяций могут резко изменяться. В годы массового размножения у многих видов мышевидных грызунов, насекомых-вредителей, сорных растений, болезнетворных микробов возникают гигантские популяции. У видов растений и животных с большой продолжительностью жизни и относительно малой плодовитостью численность популяции более устойчива.

Совокупность географических популяций с устойчивыми признаками, ареалом, способностью скрещиваться и давать плодовитое потомство называется подвидом.

Следующая схема поясняет сказанное:



Внутри одной и той же популяции особи и группы их не вполне одинаковы по своим особенностям в силу изменчивости. Популяция постоянно включает различные изменения и потому служит полем деятельности естественного отбора: *процессы видообразования начинаются внутри популяций*. В этом смысле можно сказать, что *виды живут популяциями*.

В свете теории Дарвина о естественном отборе вид — это качественно особый, неповторимый этап в развитии органического мира.

Вид представляет собой результат эволюции, протекавшей в прошлые геологические эпохи. Вместе с тем вид, если он не вымерший, является современным этапом эволюции органического мира, в чем можно убедиться, изучая видообразование, протекающее в настоящее время. *Следовательно, вид имеет возможности для дальнейшей эволюции в будущем, поскольку она начинается в популяциях — в пределах вида.*

Вопросы и задания

1. Дайте определение вида и подвида. Изобразите графически структуру вида. 2. Что вы знаете о популяциях? 3. Укажите различия в понимании вида Линнеем, Ламарком, Дарвином.

§ 12. Значение теории Дарвина

Оценка дарвинизма основоположниками марксизма-ленинизма. Теорией естественного отбора Дарвин утвердил историческое понимание живой природы, блестяще разрешил вопросы о причинах развития органического мира от простых форм к сложным, от низших к высшим, многообразия видов и органической целесообразности. Он доказал, что все эти считавшиеся неразрешимыми до него загадки природы — неизбежные следствия естественного отбора и связанной с ним дивергенции признаков.

Дарвин вскрыл относительный характер целесообразности, доказав наличие у организмов не только полезных и безразличных, но даже и вредных признаков, и пользу любых приспособлений только в данных условиях среды. Теория Дарвина материалистически объяснила явления живой природы и тем самым опровергла идеалистическое истолкование их.

Вот почему дарвинизму была дана высокая оценка основоположниками марксизма-ленинизма. Известно, что Ф. Энгельс через две недели после выхода «Происхождения видов» восторженно отозвался о нем в письме к К. Марксу. Ф. Энгельс подчеркнул, что Дарвин своей теорией разрушил идеалистические представления об органическом мире. Он особо отметил, что Дарвин с большим успехом сделал грандиозную попытку доказать историческое развитие в природе. Поэтому его теория является одним из величайших достижений науки XIX века наряду с доказательством превращения энергии и открытием клетки.

Маркс и Энгельс многократно указывали на огромное значение теории Дарвина для развития науки и для доказательства материалистического мировоззрения. К. Маркс подчеркивал, что трудом Дарвина «Происхождение видов» нанесен смертельный удар телеологии (т. е. антинаучному, религиозному, об[illegible] целесообразности в явлениях природы заранее установленными [illegible]) в естественных науках. О значении «Происхождения видов» [illegible] эта книга является естественноисторической [illegible] для наших взглядов».

Ф. Энгельс и В. И. Ленин сравнивали вклад, [illegible] **Дарвином** в биологическую науку, с заслугами Маркса в об[illegible] **науках. Подобно тому как Маркс открыл законы** развития общества, так Дарвин открыл законы развития живой природы.

В. И. Ленин сказал, что Дарвин впервые поставил биологию на вполне научную почву, положив конец воззрению на виды животных и растений как на ничем не связанные, случайные, созданные богом и неизменяемые.

Влияние дарвинизма на развитие биологии. Дарвинизм обобщает факты из различных отраслей биологической науки, которая благодаря дарвинизму и сама получила новое направление развития.

До Дарвина естествознание было преимущественно описательной наукой. Только с утверждением эволюционного взгляда на живую природу оно стало наукой о процессах, происхождении и развитии явлений, об их причинах и связях. Теория Дарвина показала, что при изучении явлений живой природы надо вскрывать их причинно-следственные связи и применять исторический метод в исследованиях.

На основе дарвинизма была произведена перестройка всех отраслей биологической науки. Так, в сравнительной анатомии и сравнительной эмбриологии стали устанавливать родственные связи между определенными систематическими группами животных и растений; изучение органов и тканей стали связывать с вопросом их функционирования.

Систематика животных и растений приобрела эволюционный характер: естественная система отображает развитие видов.

Палеонтология, которая была до Дарвина статической, так как ставила целью только собрать, описать и систематизировать факты, превратилась в историческую науку. [illegible] органического мира, она выясняет пути его развития.

Физиология животных и тем более человека [illegible] лась прибежищем для идеалистического [illegible] ных процессов. На основе учения Дарвина [illegible] изучение проявлений жизни животных, [illegible] ности высшей нервной деятельности [illegible].

Распространение животных и растений на [illegible] стали рассматривать в связи с историей материков и историческим развитием органического мира.

В начале XX столетия началось экспериментальное изучение действия естественного отбора; стали быстро развиваться генетика (наука о наследственности и изменчивости), экология (наука о взаимоотношениях между организмами и окружающей их средой) и другие новые биологические науки.

Учение Дарвина об отборе явилось одной из важнейших основ современного выведения новых пород животных и сортов растений на научных основах.

Идеи Дарвина в России. В шестидесятых годах прошлого столетия, в связи с быстрым развитием промышленности, [illegible] распространение естественнонаучных знаний. Задолго до Дарвина эволюционные взгляды высказывались некоторыми русскими учеными и находили сочувствие и поддержку со стороны прогрессивных передовых современников. Вот почему дарвинизм в России был встречен как давно ожиданное. В первые же годы после выхода «Происхождения видов» (Лондон, 1859) в русских журналах появился ряд популярных статей с изложением и комментированием учения Дарвина. Курсы зоологии и ботаники, читавшиеся в высших учебных заведениях, перестраивались либеральной частью профессуры в духе дарвинизма. Первый перевод капитального труда Ч. Дарвина «Происхождение видов» появился в России в 1864 году.

Ведущая роль в развитии биологической науки на основе дарвинизма принадлежала русским ученым. Братья В. О. и А. О. Ковалевские, К. А. Тимирязев, И. И. Мечников, И. П. Павлов, И. В. Мичурин, Н. И. Вавилов, А. Н. Северцов и многие другие, ставшие корифеями русской и мировой науки, положили в основу своих исследований идеи Дарвина.

К. А. Тимирязев (1843—1920). Вся научная деятельность К. А. Тимирязева прошла под знаком пламенного служения дарвинизму. Ему принадлежит блестящее, с глубоким и тонким анализом, изложение учения Дарвина — книга «Чарлз Дарвин и его учение», которая многократно переиздавалась в СССР, на ней воспитывались многие поколения русской интеллигенции.

Своей специальностью К. А. Тимирязев избрал физиологию растений, в то время самую молодую биологическую науку. Тимирязев ввел исторический, дарвиновский метод в науку о физиологии. Это означало то, что все жизненные особенности растений К. А. Тимирязев рассматривал, исходя из теории Дарвина о естественном отборе. Он занимался изучением фотосинтеза — процесса создания органического вещества и накопления солнечной энергии зеленым растением.

Экспериментально им было установлено, что зеленый лист приспособлен к поглощению и накоплению солнечной энергии, т. е. к осуществлению фотосинтеза. Следовательно, зеленая окраска листа — полезный признак, который возник в процессе естественного отбора. Разрабатывая вопросы физиологии растений, К. А. Тимирязев указывал на необходимость исследования наследственных изменений, чтобы научиться управлять развитием организмов и получением новых пород и сортов.

Тимирязев страстно защищал дарвинизм от попыток ряда ученых извратить или умалить его значение. Одни пытались свести весь процесс эволюции к появлению изменений, другие признавали в качестве единственного фактора эволюции [illegible]ственность, третьи не признавали творческую роль естествен[illegible] и т. п. Одновременно К. А. Тимирязеву приходил[illegible] [illegible]ественную критику дарвинизма со стороны [illegible] ученых, стремивших даже иде[illegible] [illegible] и открыто поддерживавших религию.

Вопросы и задания

1. П[illegible] Ч. [illegible] то высокую [illegible] учение [illegible] учение [illegible]

Глава III

Доказательства эволюции органического мира

Ко второй пол[illegible] XIX [illegible] [illegible]ке накопились обширные факти[illegible] Ч. [illegible] использовал как доказательства [illegible]. По[illegible] [illegible] огромный материал, который не [illegible] [illegible]юции, но и позволяет судить о том, [illegible]ии. Его закономерности каждая [illegible] применяя свой метод исследования. Т[illegible] в строении современных организмов ра[illegible] [illegible]упп сравнением их между собой. Эмбри[illegible] [illegible]одства у ныне живущих организмов, сра[illegible] их индивидуальное развитие из яйца или споры до взрослого со[illegible]. Палеонтология изучает остатки вымерших организмов и вы[illegible] [illegible]о их и различие с современными. Биогеография раскр[illegible] [illegible]ы распространения растений и животных на Земле.

Каковы же [illegible] доказательства?

§ 13. Сравнительная анатомия

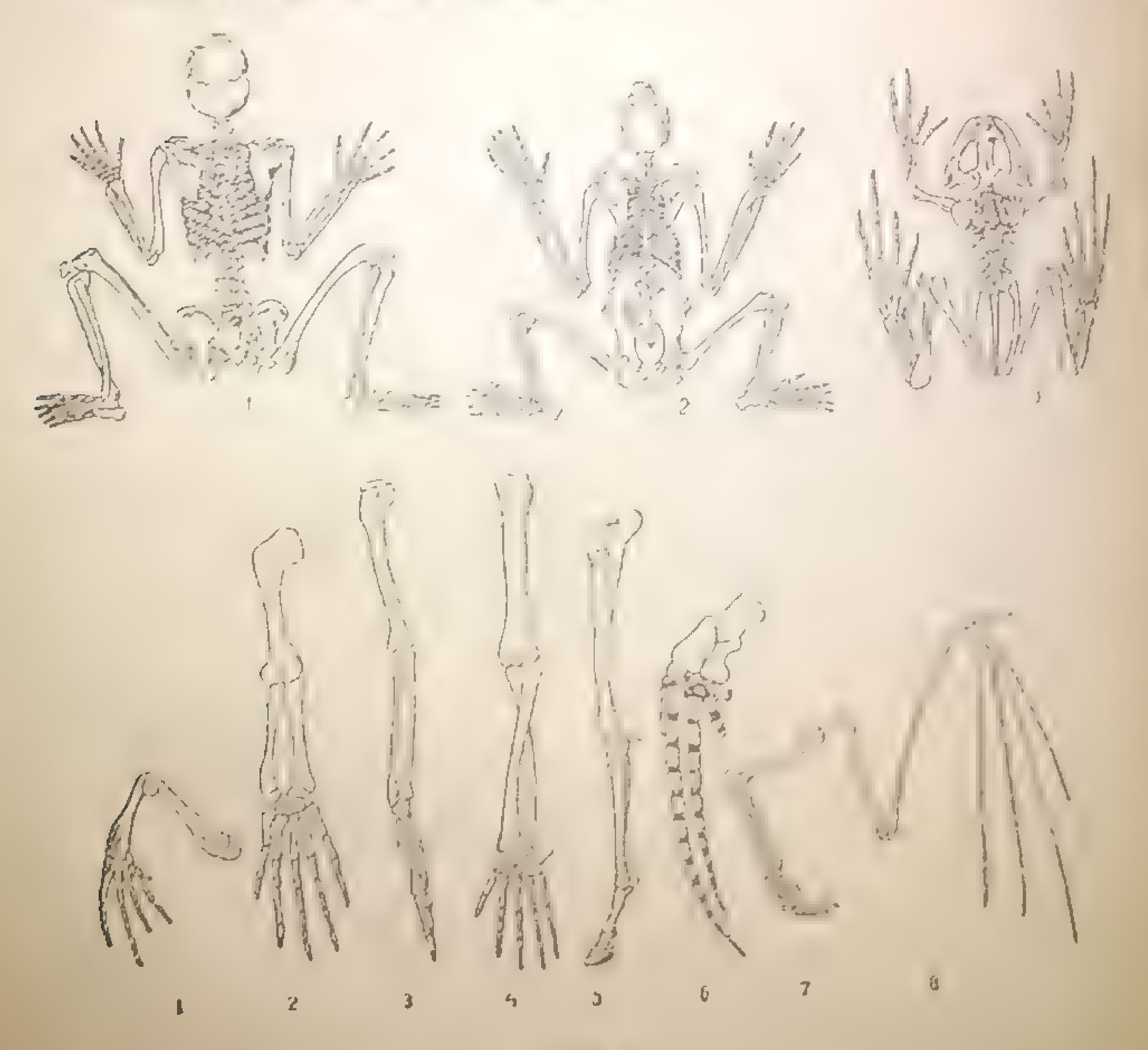
Общий план строения позвоночных животных. [illegible] различия во вне[illegible] [illegible] между позвоночными животными, [illegible] классам, у них можно найти много общего в [illegible] органов. Наличие двусторонней симметрии, [illegible] позвоночника, черепа, головного и спинного мозга, а также [illegible] пар конечностей и др. (рис. 26) свидетельствует о единстве происхождения всех позвоночных.

Гомология. Сравнение отдельных органов у позвоночных животных, относящихся к разным классам, дает не менее убедительное доказательство. Передние конечности позвоночных, несмотря на различные функции, имеют единый план строения, развиваются у зародыша из исходных зачатков с одинаковым расположением на теле животного. Скелет передних конечностей состоит из плеча, предплечья, образованного локтевой и лучевой костями, костей запястья, пястья и фаланг пальцев. В скелете задних конечностей также находим **е д и н ы й п л а н** строения: бедренную кость, большую и малую берцовые кости, кости предплюсны и плюсны.

Органы, соответствующие друг другу по строению и происхождению, называются **г о м о л о г и ч н ы м и**.

Рассмотрите рисунок 27, укажите гомологичные кости; отметьте отличия, связанные с дивергенцией и приспособлением в различных условиях жизни и, следовательно, с выполнением разных функций.

Рис. 26. Общий план строения скелета позвоночных:
1 — человека, *2* — [illegible], *3* — лягушки



Полное соответствие в костях конечностей, несмотря на некоторые отличия в форме, размерах, количестве, может быть объяснено только их единством происхождения.

Гомологи имеют место и в [illegible] насекомых. Укажите гомологичные части [illegible]

Гомологичные [illegible] Так, усики [illegible] видоизменённые листья. [illegible] гичны [illegible] утратившим в [illegible] зеленый [illegible]

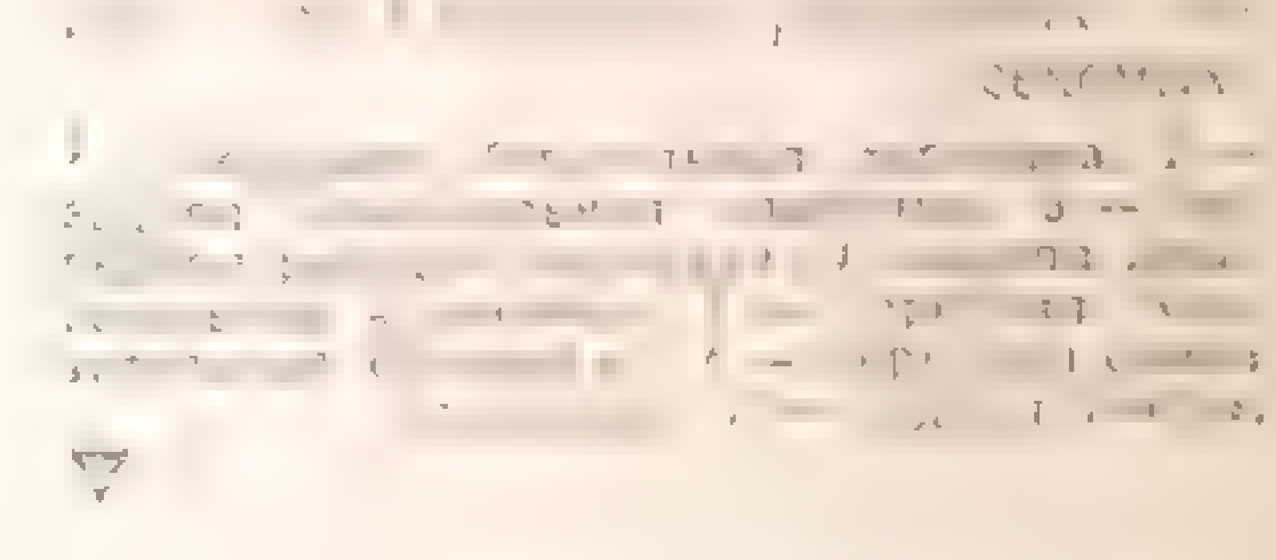
[illegible]

Корневищ[illegible] донце [illegible] — [illegible] мологи стебля.

Аналогия. У [illegible] животных [illegible] есть конвергентные органы. Крылья [illegible] нужны для полета. Однако крылья бабочки — [illegible] развивающееся на спинной стороне [illegible] и летучей мыши — измененные [illegible] редние конечности.

Органы, выполняющие [illegible] породные функции, [illegible] имеющие общего строения [illegible] происхождения, [illegible] аналогичными. Для установления родства [illegible] организмами они не [illegible] никакого значения. [illegible] ными являются [illegible] бы и речного рака [illegible], роющие конечности [illegible] медведки (рис. 31).

Примером аналогичных органов у растений могут служить колючки и шипы, которые выполняют сходную функцию (защита от поедания животными), но образуют [illegible]



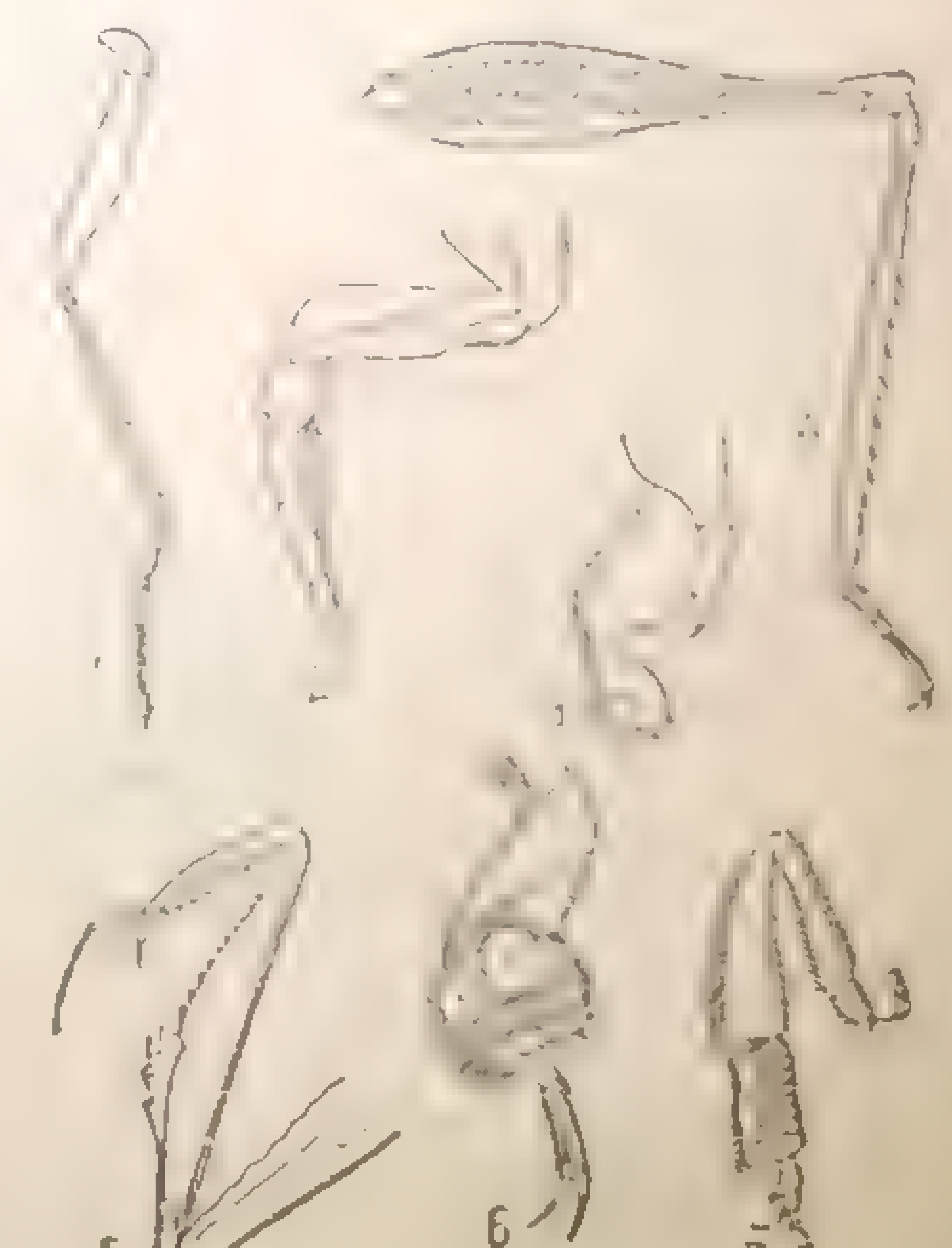


Рис. 27. Скелет передней конечности различных позвоночных животных:

1 — лягушки; 2 — варана (пресмыкающегося); 3 — крыла птицы; 4 — обезьяны; 5 — лошади; 6 — кита; 7 — кошки; 8 — летучей мыши.

они различно. Колючки кактусов и иглы барбариса листового про-исхождения, у боярышника они стеблевого происхождения, а шипы розы, шиповника, малины — это выросты эпидермиса.

Рудименты и атавизмы. Рудиментами называют органы, утратившие в процессе эволюции свое первоначальное значение для сохранения вида и находящиеся в стадии исчезновения («рудиментум» — зачаток, *лат.*, здесь: остаток).

Например, у безногой ящерицы-веретеницы есть рудиментарный плечевой пояс. У птиц сохранился лишь второй палец, а первый и третий рудиментарны. Второй и пятый пальцы стопы коровы и свиньи, второй и четвертый пальцы у лошади (так называемые грифельные косточки), остатки костей таза и задней конечности у кита (рис.) также рудиментарны.

Наличие рудиментов возможно объяснить только тем, что эти органы у далеких предков были нормально развиты и функционировали, но в процессе эволюции потеряли свое биологическое значение и сохранились в виде остатков.

Рудименты служат важными доказательствами исторического развития органического мира. Ни один из противников Дарвина не пы-

Рис. 29. Гомология у растений

1 — корневище купены гомологично стеблю; 2 — усики у посевного гороха — гомологи листьев; 3 — иглы у барбариса [illegible].



тался ссылаться на рудименты в своих возражениях: слишком нелепо было бы приписывать создание нецелесообразных, бесполезных органов «разумной высшей силе».

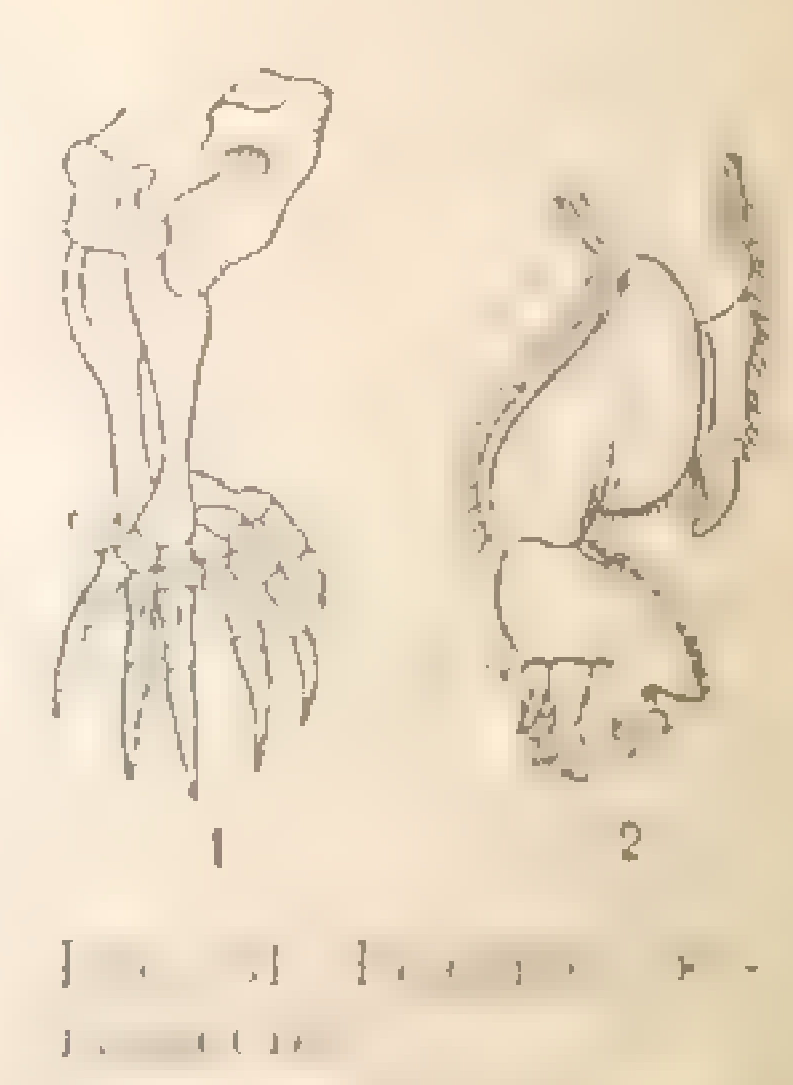
Рудиментарные органы наблюдаются и у растений. Весной на концах чешуек почек у клена видны маленькие листочки — это рудименты настоящих листьев. На корневищах пырея, ландыша, папоротника, комнатного растения аспидистры есть чешуйки — рудиментарные листья. В краевых цветках соцветия [illegible], астр, бархатцев, подсолнечника и многих других сложноцветных под лупой хорошо заметны недоразвитые тычинки и пестики.

Историческое развитие органического мира подтверждают также **а т а в и з м ы** (*atavus* — предок, *лат.*). Атавизмами называют случаи возврата к признакам предков.

В качестве примера может служить появление иногда третьей пары сосков на вымени коровы, что указывает на ее происхождение от животных с числом сосков больше чем четыре. Другой пример: иногда жеребята рождаются зебровидно окрашенными, есть случаи появления черной полосы на спине гнедых лошадей. Это возврат к масти диких предков домашних лошадей.



Рис. 30. Жабры рыбы [illegible] крышка и часть головогрудного [illegible]



[illegible]

Рис. 32. Скелет кита — *1*: [illegible]



Переходные формы. Сравнительно-анатомическое изучение организмов позволяет установить переходные формы.

П е р е х о д н ы м и ф о р м а м и называют такие, которые соединяют в своем строении признаки низших и высших классов. Например, в строении низших млекопитающих имеются черты, приближающие их к пресмыкающимся. Утконос и ехидна — отряд однопроходных — в отличие от других млекопитающих обладают клоакой и при размножении откладывают яйца подобно пресмыкающимся.

Клеточное строение. Открытие клеточного строения растений, животных и человека принесло одно из самых веских доказательств единства органического мира. Живые организмы, принадлежащие к видам, далеким в систематическом отношении, состоят из клеток. В состав клетки как растительной, так и животной входят цитоплазма и ядро, а также многие общие органоиды.

Вопросы и задания

1. Пользуясь рисунком 27, отметьте гомологичные кости в конечностях позвоночных. **2.** Пользуясь живыми насекомыми, коллекциями, рассмотрите строение конечностей различных насекомых (жука-плавунца, кузнечика или других). Отметьте гомологичные части. **3.** Укажите гомологичные и аналогичные органы среди следующих: жабры рыбы, рака; личинки стрекозы-коромысло, крыло птицы, летучей мыши, жука; передние конечности крота, лягушки, медведки. **4.** Какие сравнительно-анатомические данные Дарвин считал наиболее вескими? Почему? **5.** Составьте коллекции гомологов, аналогов и рудиментов у растений. (Задание рассчитано на длительное время, необходимое для сбора материалов.)

§ 14. Эмбриология

Сходство зародышей. Все многоклеточные организмы развиваются из оплодотворенного яйца. Процессы оплодотворения и развития зародышей различных животных протекают во многом сходно. Подобные факты возможно объяснить только о б щ и м п р о и с х о ж д е н и е м всех живых существ.

Проследим сходство между зародышами представителей различных классов позвоночных. На более ранних стадиях развития (рис. 33) отмечаются удивительно похожие контуры тела, наличие хорды, зачатков конечностей, сходная форма головы, по бокам глотки жаберные карманы.

Расхождение признаков у зародышей. По мере развития черты сходства между зародышами представителей разных классов становятся менее заметными, и тогда видно, к каким классам относятся зародыши (проследите по рис. 33). Затем в пределах класса можно различить зародышей представителей отрядов. Постепенно выявляются признаки рода и вида.

Зародыши человекообразной обезьяны гориллы и человека сначала сходны (рис. 34). Позднее у человеческого зародыша лоб выступает вперед, а у зародыша гориллы заметно обнаруживаются выдающиеся челюсти. Расхождение признаков наблюдается в индивидуальном развитии всех позвоночных животных.

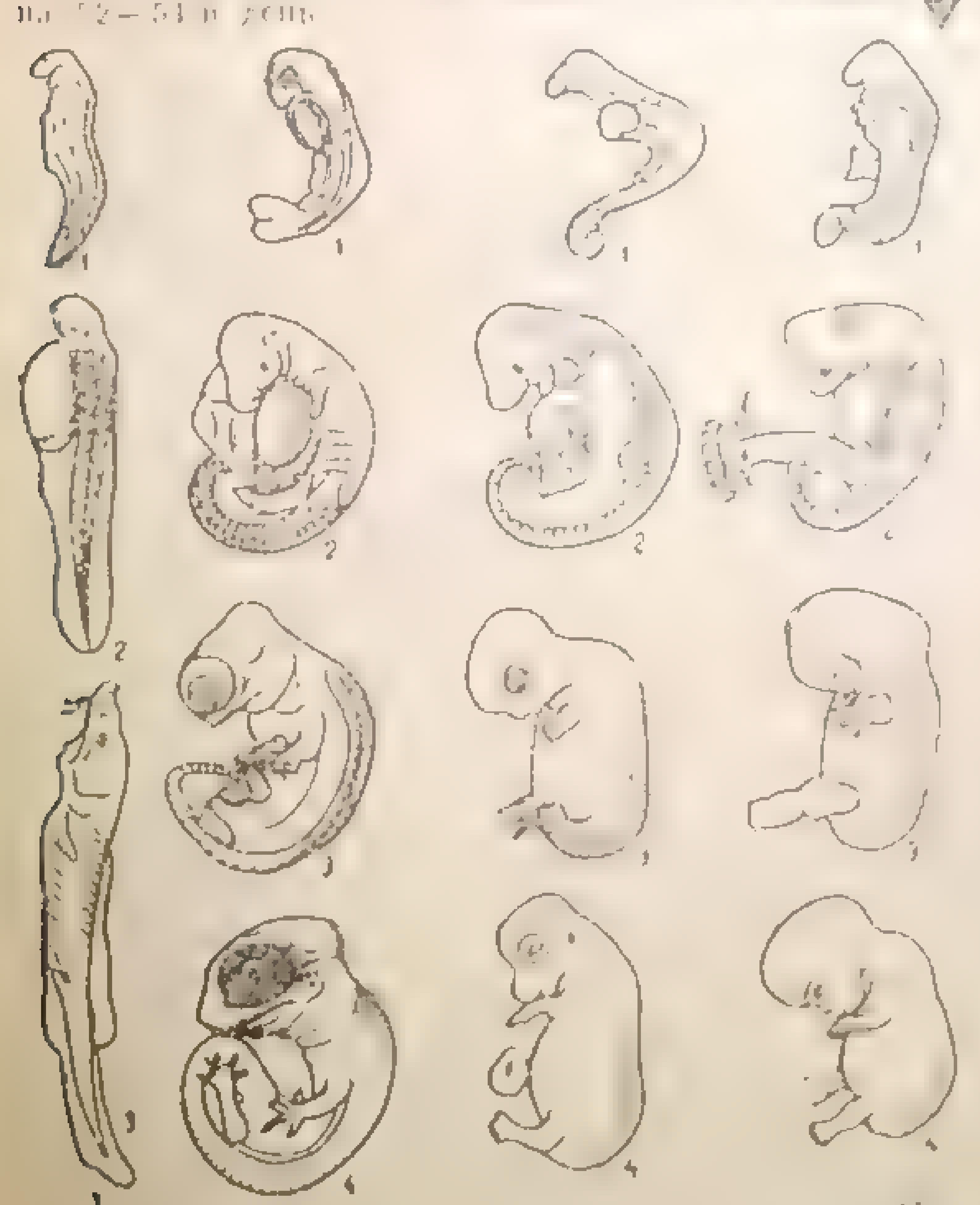
Биогенетический закон. Во второй половине XIX века два немецких ученых Ф. Мюллер и Э. Геккель установили так называемый биогенетический закон.

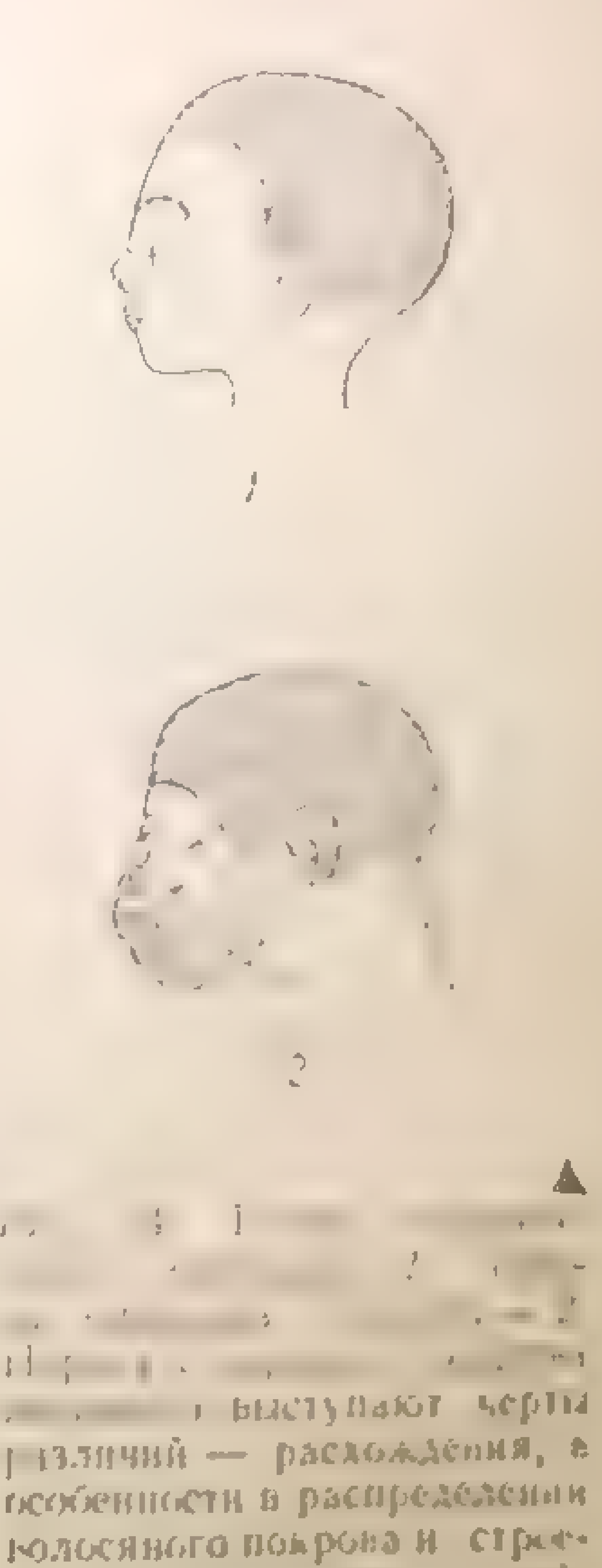
Биогенетический закон: индивидуальное развитие каждой особи есть краткое повторение исторического развития вида, к которому эта особь относится.

Геккель считал, что в индивидуальном [illegible] два рода признаков: одни из них [illegible] вторяют особенности строения предков, а [illegible] хождения, они являются приспособлениями [illegible] го и личиночного развития. Примером [illegible] служить имеющиеся у зародышей [illegible] отходящие от сердца, подобно [illegible] берные щели и хвост у человеческого зародыша. Наличие этих признаков можно объяснить только повторением истории [illegible] в индивидуальном развитии. Так, гусеница бабочки, личинка жука согласно

Рис. 35 Сравнение [illegible] разных стадиях развития

I — рыба: 1 — зародыш [illegible] после выхода из икринки [illegible]; II — ящерица; III — кролик: 1 — [illegible] 2 — 15 дней; 1 — 17 дней; IV — [illegible] 30-й день; 2 — на 27—30-й [illegible] на 52—54-й день.





[illegible] выступают черты различий — расхождения, в особенности в распределении волосяного покрова и строения лицевых частей.

биогенетическому закону повторяют червеобразную стадию предков насекомых. Головастик у лягушки — повторение рыбообразной стадии предков земноводных.

Примерами приспособительных признаков можно назвать оболочки у зародышей млекопитающих и птиц, играющие защитную роль, желточный мешок у малька форели с запасом питательных веществ (рис. 36,*1*), нитевидные выросты оболочки яйца у акулы, которыми оно прикрепляется к подводной растительности, присоски, наружные жабры, хвост у головастика (рис. 36,2) как приспособления к жизни в воде.

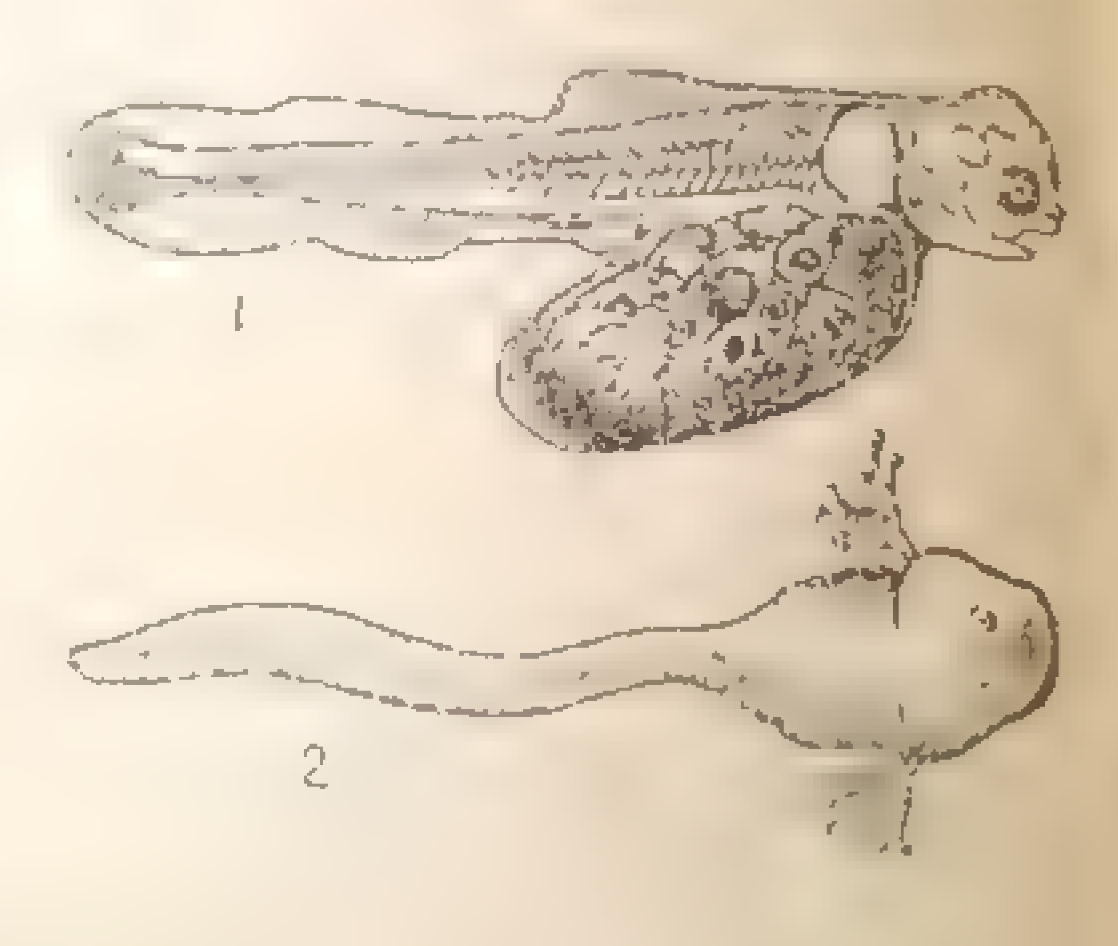
Биогенетический закон приложим и к растениям. При развитии почек у клена, бузины, малины можно заметить переход почечных чешуй в листья. Чашелистики бутонов гортензии зеленые, что показывает их типичное листовое происхождение, потом они становятся белыми, розовыми и пр. (ошибочно их иногда называют лепестками).

Биогенетический закон Геккеля — Мюллера, выражая глубокую связь между индивидуальным развитием организмов и их историческим развитием, имел большое значение для выяснения родственных связей между организмами.




▲

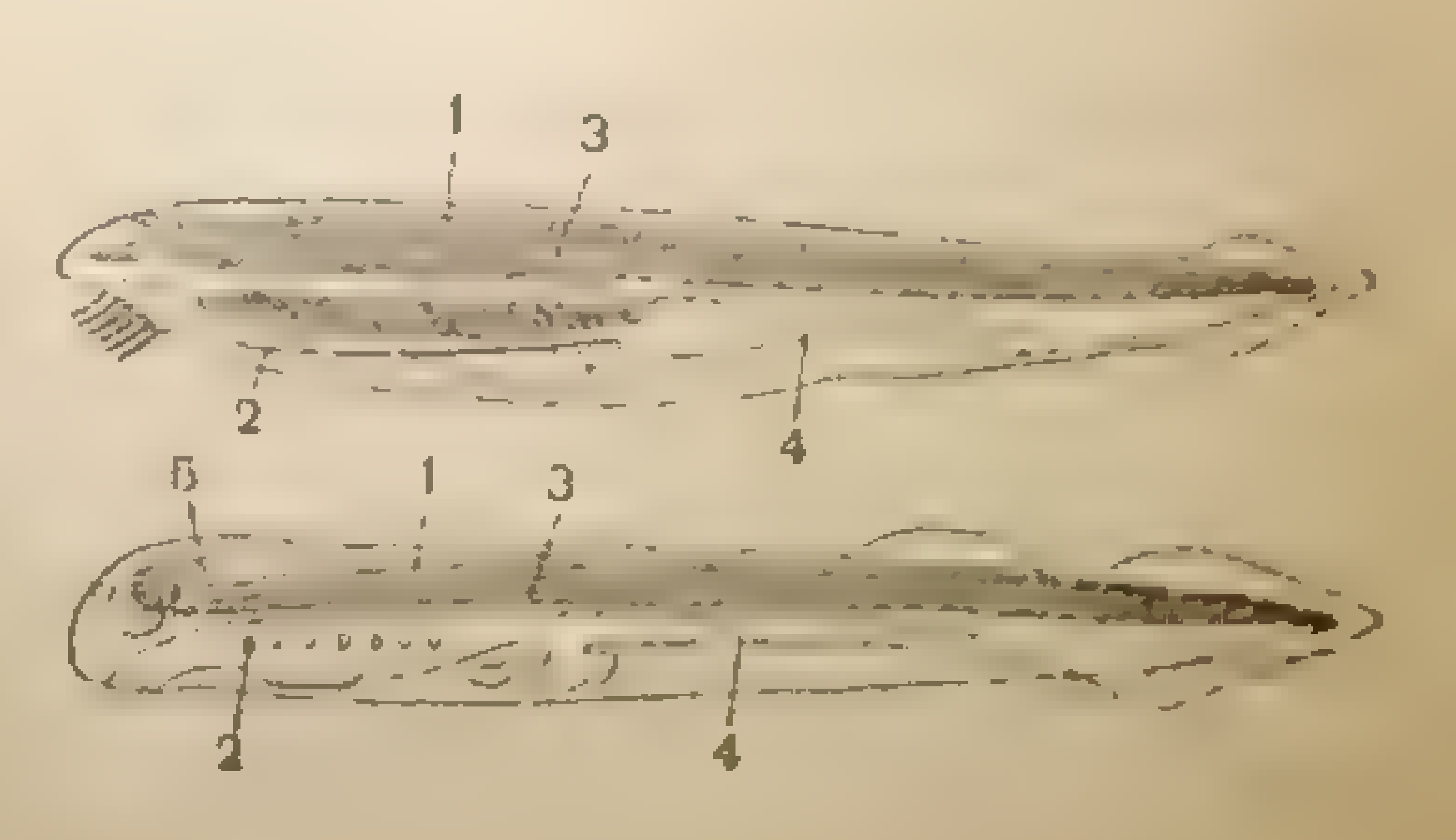
Рис. 35. Кровеносная система акулы — *1* и человеческого зародыша — 2. У зародыша человека, как и у рыбы, между жаберными щелями проходят жаберные сосуды.



▲

Рис. 36. Приспособления к зародышевому состоянию

1 — желточный мешок у форели; 2 — присоски, жабры, хвост у головастика

▶

Рис. 37. Ланцетник:

1 — нервная трубка; *2* — жаберные щели; *3* — хорда; *4* — кишечник; *5* — головной мозг.

Современные представления о биогенетическом законе. Биогенетический закон подвергся дальнейшей разработке и уточнениям со стороны многих ученых, и современные представления о нем существенно изменились, особенно благодаря трудам А. Н. Северцова.

Исследованиями установлено, что *в индивидуальном развитии происходит повторение состояния не взрослых предков, а их зародышей*. Например, у зародыша млекопитающего, как и у зародыша рыбы, закладываются жаберные щели. Это означает, что в индивидуальном развитии млекопитающего сохранились и повторяются стадии, общие с зародышами рыб, а не строение жаберного аппарата взрослых рыб. Еще пример: исследованиями русского ученого-дарвиниста А. О. Ковалевского установлено значительное сходство между личинками ланцетника и морского животного асцидии (подтипа оболочников типа хордовых): они плавают, имеют хорду, нервную трубку и т. п. Ланцетник сохраняет эти признаки во взрослом состоянии, только менее подвижен (рис. 37). Взрослая асцидия, ведущая прикрепленный образ жизни, этих признаков не имеет (рис. 38). Следовательно, ланцетник повторяет в индивидуальном развитии стадии, общие с личинкой, а не со взрослой асцидией.

Геккель был прав, утверждая, что в индивидуальном развитии организмов имеет место п о в т о р е н и е п р и з н а к о в древнего характера. Однако на некоторых стадиях индивидуального развития эти признаки могут иметь значение п р и с п о с о б л е н и й. Например, наличие хорды и нервной трубки у личинки асцидии указывает, что далекие предки этого животного вели подвижный образ жизни. Следовательно, в данном случае древние признаки у личинки повторяются. Но хорда служит осевой опорой тела, а нервная трубка, связанная с органами чувств, обеспечивает ориентировку животного в среде, т. е. эти признаки являются и приспособительными в жизни самой личинки.



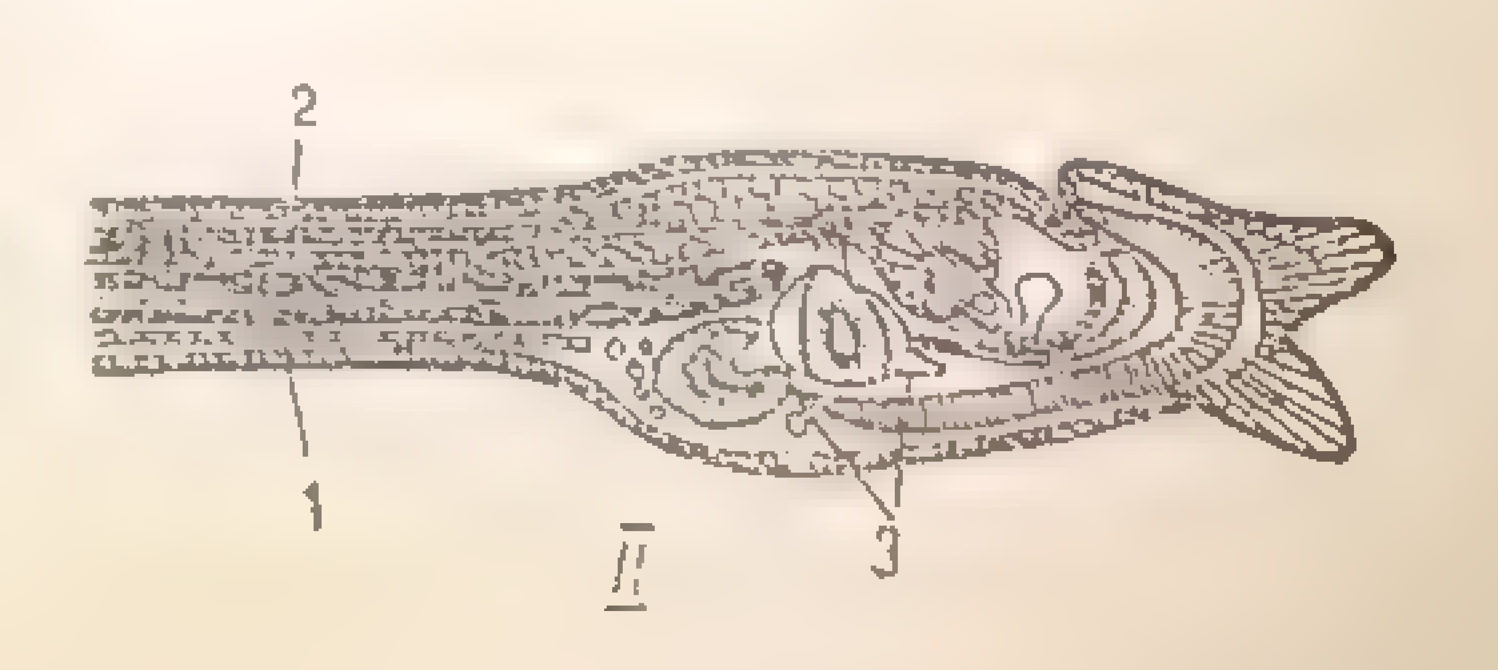


Рис. 38. Асцидия:
I — взрослая; II — ее личинка: 1 — хорда, 2 — нервная трубка; 3 — жаберные щели.

В ряде случаев некоторые стадии, пройденные предками, выпадают из индивидуально-

го развития их потомков. Поясним это примером. У змей в процессе естественного отбора в связи с передвижением при отсутствии конечностей во много раз увеличилось число позвонков, ребер и мускульных сегментов по сравнению с ящероподобными предками этих животных.

Если бы в индивидуальном развитии полностью повторялось историческое развитие, то у зародышей змей на разных стадиях должно было быть постепенно возрастающее число позвонков, ребер и мускульных элементов. В действительности же они закладываются сразу в количестве, характерном для взрослых змей; таким образом, здесь наблюдается сокращение — выпадение ряда стадий. В индивидуальном развитии не только выпадают некоторые стадии, но и возникают такие изменения органов, которых не было у зародышей предков.

Новые признаки возникают на разных стадиях зародышевого развития. Однако крупные изменения в строении тела, которые остаются у взрослых животных и отличают их от животных других систематических групп, чаще всего появляются на более ранних стадиях. Например, рыбообразная личинка лягушки (отряд бесхвостых амфибий) имеет очень короткое туловище. А личинка тритона (отряд хвостатых амфибий) на той же стадии отличается удлиненной формой, остающейся и во взрослом состоянии. Известно, что оба эти отряда произошли от одних общих предков и уже позднее дивергировали. Следовательно, сокращение числа позвонков, которое привело в процессе эволюции к возникновению бесхвостых амфибий, появилось у их предков на ранней стадии развития, когда позвоночник только еще начинает формироваться. Точно так же объясняется большое различие в длине и числе закладывающихся позвонков у зародышей змей и ящериц, хотя они произошли от общих предков.

Если новые признаки наследственные и, не нарушая хода зародышевого развития, оказываются полезными организму во взрослом состоянии, то в процессе естественного отбора они сохраняются в потомстве. Так в индивидуальном развитии организмов закладываются новые пути их исторического развития.

Вопросы и задания

1. Какие признаки в индивидуальном развитии организмов различали Мюллер и Геккель? 2. Назовите примеры древних признаков у животных. Почему вы считаете эти признаки древними? 3. Какие поправки и дополнения были сделаны ученыим к биогенетическому закону? 4. Как объяснить такие факты: 1) угорь обитает в реках, но для метания икры идет в море; 2) лосось мечет икру в реках, хотя обитает в море? 5. Составьте коллекции, иллюстрирующие биогенетический закон на растениях. (Задание рассчитано на длительное время.)

§ 15. Биогеография

Наука, изучающая закономерности современного распределения и распространения растений и животных на Земле, называется биогеографией. Она предоставляет ряд фактов, свидетельствующих в пользу эволюционного учения.

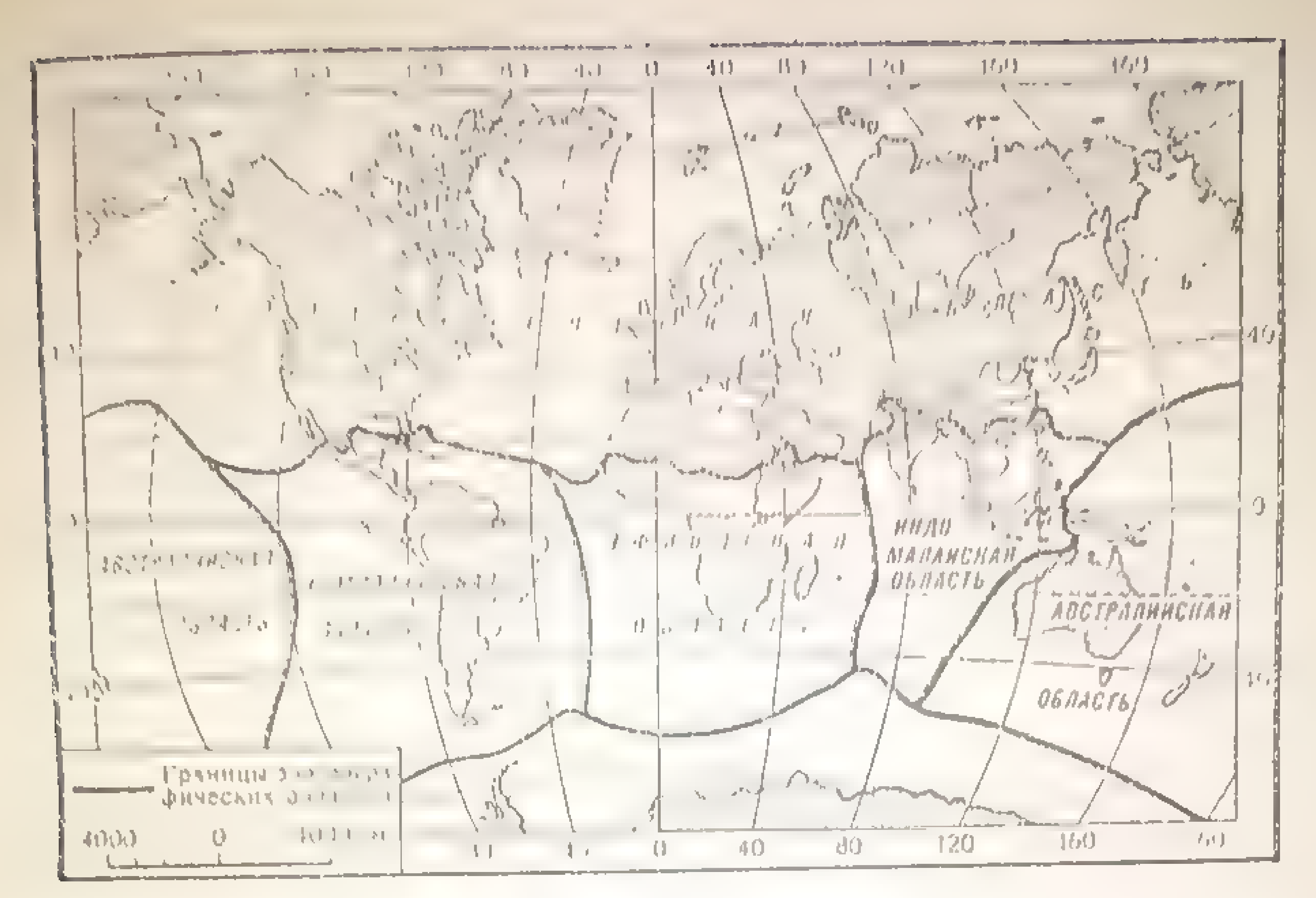


Рис. 39. Карта зоогеографических областей суши

Зоогеографические области. По расселению наземных животных различают шесть зоогеографических областей суши: 1) **Палеарктическую**, 2) **Неоарктическую**, 3) **Индомалайскую**, 4) **Эфиопскую**, 5) **Неотропическую** и 6) **Австралийскую**.

Две первые области часто объединяют под названием **Голарктической**.

В зоогеографических областях представлены все типы и классы животных. Но сравнение более мелких систематических групп — отрядов, семейств, родов и видов — показывает существенную разницу в фауне различных областей. Рассмотрим несколько примеров. Две области северного полушария — Палеарктическая и Неоарктическая — географически между собой не соединены, но обнаруживают большое сходство в составе фауны. В той и другой области водятся олени, рыси, волки, лисицы, медведи, бобры, выдры и т. п. одинаковые или очень близкие виды. Американскому бизону соответствует родственный вид — европейский зубр; сибирскому оленю маралу — американский олень вапити.

Палеарктическая область, географически составляющая одно целое с Индомалайской и Эфиопской, резко отличается от них фауной. В Палеарктической области нет горилл, шимпанзе, жирафов, лемуров, характерных для Эфиопской. Нет мартышек, слонов, ящеров, носорогов, виды которых представлены и в Эфиопской и Индомалайской областях, хотя они разделены морями.

Неоарктическая и Неотропическая области занимают два материка, соединенные Панамским перешейком (посмотрите на карте), однако имеют большие отличия в составе фауны. В Неотропической

области обитают броненосцы, ленивцы и муравьеды из отряда неполнозубых, широконосые обезьяны, сумчатые крысы, тапиры и ламы, страусы нанду, колибри и др., которых нет в Неоарктической области.

Наконец, наиболее своеобразный животный мир наблюдается в Австралийской области. Почти все млекопитающие этой области (исключая привезенных) относятся к подклассу сумчатых. Здесь сохранились однопроходные — утконос и ехидна (стр. 20), которых нигде нельзя больше встретить. Птицы также поражают своеобразием: эму и казуары, киви-киви, птица-лира и много других, отличающихся ярким оперением и повадками от птиц всех иных областей. В Новой Зеландии встречается гаттерия, внешне похожая на ящерицу, — представитель давно вымершего отряда первоящеров. У гаттерии на всю жизнь сохраняются остатки хорды.

Флористические области. Между флорами тех областей, фауны которых сходны, наблюдается также сходство. И наоборот, области, отличающиеся друг от друга в значительной степени по составу фауны, отличаются и флорами. Так, Палеарктическая и Неоарктическая флоры сходны между собой; например, европейские и американские виды клена, ясеня, сосны и ели являются близкими, родственными.

Флора Австралийской области, как и ее фауна, оказывается особенно своеобразной. Характерны вечнозеленые жестколистные леса Западной Австралии: эвкалипты, акации с черешками, расширенными наподобие листа; древние голосеменные — саговники, похожие на пальмы или древовидные папоротники. В степях и полупустынях густые заросли кустарников из семейств бобовых, миртовых и др.

Причины сходства и различия фаун и флор. Современный состав фаун и флор различных областей можно объяснить, если рассматривать его исторически. Каждый вид когда-то образовывался в определенной области и расселялся из этого центра, пока не оказался перед преградами: высокими горами, обширными пустынями, морями, реками и т. п. В дальнейшем фауны и флоры областей и участков суши, разделенных естественными преградами, развивались обособленно. Если такое обособление произошло недавно, то наблюдается большее сходство фаун и флор по сравнению с давно изолированными друг от друга областями. Так, известно, что Берингов пролив, разделяющий теперь материки Евразии и Северной Америки, образовался сравнительно недавно, около 1 млн. лет назад, когда их фауны и флоры уже приобрели современный облик. Вот почему сходны Палеарктическая и Неоарктическая фауны.

Сходство между Индомалайской и Эфиопской фаунами объясняется тем обстоятельством, что эти области заселялись пришельцами из одного центра — Центральной Азии — во время наступления ледника с севера.

Резкое различие Неотропической и Неоарктической фаун указывает на относительно недавнее соединение материков Северной и Южной Америки, что и подтверждается изучением пластов земной коры Панамского перешейка. Наличие сумчатых и неполнозубых в Неотропической области позволяет предполо-

жить, что материки Южная Америка и Австралия были некогда связаны.

Своеобразие Австралийской фауны объясняется очень давним обособлением этого материка, вследствие чего животный мир Австралии развивался долгое время совершенно изолированно от фаун других материков. Благодаря этому здесь уцелели очень древние группы животных, вытесненные в других областях более совершенными группами.

Фауны и флоры островов. На Галапагосских островах Дарвин нашел местные, или, как их называют, эндемичные, виды ящериц, черепах, птиц (стр. 19), улиток и насекомых, а также растений. Однако они были близки южноамериканским видам. Галапагосские острова довольно рано отделились от Южной Америки. Островные и материковые виды дивергировали в разных направлениях, что и привело к образованию эндемичных видов и даже родов, например у птиц.

Подобно островным фаунам, весьма своеобразны фауны замкнутых водных бассейнов. Наиболее ярким примером служит озеро Байкал, где более $^3/_4$ видов фауны эндемичны (стр. 48).

Таким образом, *современное географическое распределение животных и растений можно понять и объяснить только с эволюционной точки зрения.*

Вопросы и задания

1. В чем своеобразие фауны Австралийской области? Какими причинами оно объясняется? **2.** Как объяснить сходство фаун и флор Палеарктической и Неоарктической областей? **3.** Какую роль играют естественные преграды в образовании видов? Покажите это на примерах. **4.** Повторите статью «Образование новых видов».

§ 16. Палеонтология

Палеонтологией называется наука об ископаемых организмах. Подавляющее большинство видов, к которым эти организмы принадлежали, вымерло. Тем не менее накопленный палеонтологический материал позволяет восстановить общий ход эволюции видов растений и животных.

Ископаемые остатки. Только ничтожная часть организмов или их остатков могла сохраниться в земных пластах, так как для этого необходимо совпадение целого ряда благоприятных условий. Прежде всего остатки организмов должны оказаться в хорошо сохраняющей среде, например в речном песке, иле, торфе, без доступа атмосферного воздуха. Мягкие части тела обыкновенно разлагаются, не оставив следов. Твердые части, разрушаясь более медленно, могут замещаться кремнеземом из проникающих к ним минеральных растворов. В подобных случаях образуются окаменелости. Иногда в горной породе остается полость, соответствующая форме данного организма, со временем она заполняется илом или песком, затвердевает, и получается как бы его окаменевший слепок. В других случаях организмы медленно обугливаются и оставляют словно типографский оттиск на

породе. В песке без доступа воздуха и воды трупы животных и людей могут пролежать многие тысячи лет, сохраняя кожу и высохшие мышцы.

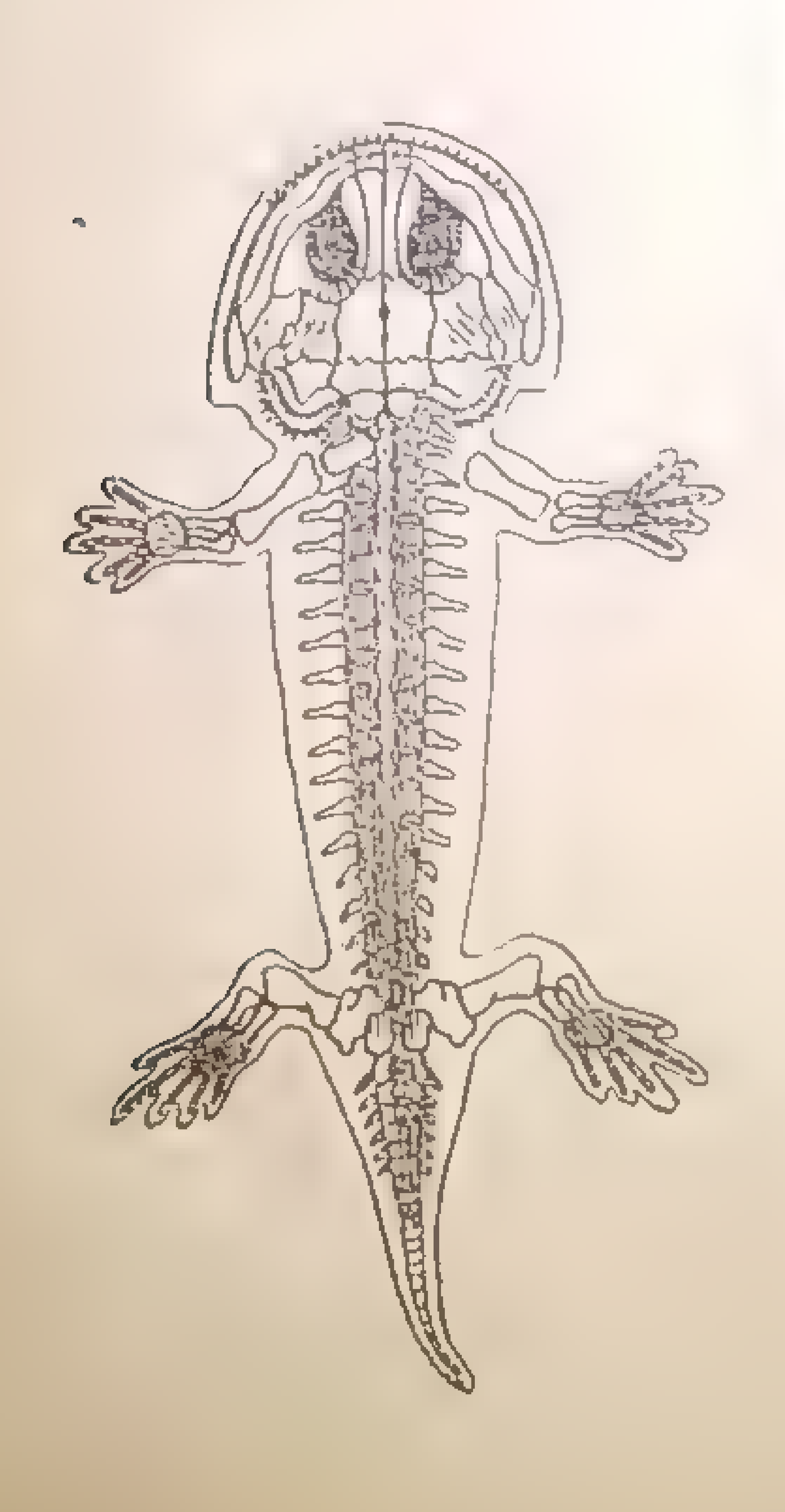
В земных слоях сохранились и дошли до нашего времени отпечатки частей тела вымерших животных, растений, более или менее полные скелеты, костные и хитиновые, челюсти, зубы, рога, чешуи, раковины, панцири, следы ног, пыльца. Известны целые кладбища костных остатков, следы эпизодов борьбы между животными.

Тонкие прозрачные шлифы, получаемые при микроскопических исследованиях осадочных пород, обнаружили остатки бактерий. Осадочные железные и марганцевые руды, бокситы, фосфориты, глинистые морские и пресноводные отложения включают массу бактерий.

По ископаемым остаткам палеонтологи восстанавливают внешний вид и строение организмов такими, какими они были при жизни.

Эры и периоды. Историю Земли и жизни на ней ученые разбивают на определенные промежутки времени — э р ы, которые подразделяются на п е р и о д ы. Смена эр и периодов происходила в силу больших изменений в органическом мире. Продолжительность эр и периодов узнают определением количеств продуктов распада радиоактивных элементов, который идет при любых внешних условиях с постоянной скоростью. Например, ученые высчитали, что за каждые 100 млн. лет от килограмма урана остается 985 *г* и образуется 13 *г* свинца и 2 *г* гелия. Точным химическим анализом узнают, сколько свинца и гелия содержит взятая проба. Затем подсчитывают, сколько времени ушло на их образование, т. е. каков геологический возраст горной породы.

Рис. 40. Скелет стегоцефала.



В истории Земли различают следующие эры: к а й н о з о й с к у ю — новую, м е з о з о й с к у ю — среднюю, п а л е о з о й с к у ю — древнюю, п р о т е р о з о й с к у ю — ранней жизни и а р х е й с к у ю — начало развития Земли. Названия эр происходят от греческих слов. Наименования периодов были даны в большинстве случаев по названию местности, где впервые обнаружили характерные для них ископаемые остатки.

Геохронологическая таблица приведена на стр. 98—99.

Смена фаун и флор на Земле. Преемственность в развитии фауны и флоры любой области многократно нарушалась

горообразовательными процессами, наступлениями и отступлениями моря. Допустим, море заняло участок суши, а затем отступило, и суша снова образовалась на этом месте. Ее фауна и флора уже не могут быть представлены видами, являющимися непосредственными потомками тех видов, которые населяли прежнюю сушу.

Сопоставление ископаемых остатков из земных пластов разных геологических эпох убедительно свидетельствует об изменении органического мира **во времени**. В самых древних пластах заключены остатки представителей лишь типов беспозвоночных, а в более поздних пластах — остатки представителей типа хордовых. Позже появлялись на Земле классы позвоночных. В более молодых геологических пластах содержатся остатки животных и растений, относящихся к видам, похожим на современные. Но чем старше по возрасту пласты земной коры, тем больше отличались существовавшие тогда организмы, судя по их остаткам, от ныне живущих. В древнейших пластах находят остатки животных и растений, совершенно непохожих на современных.

Данные палеонтологии дают большой материал о преемственных связях между различными систематическими группами. В одних

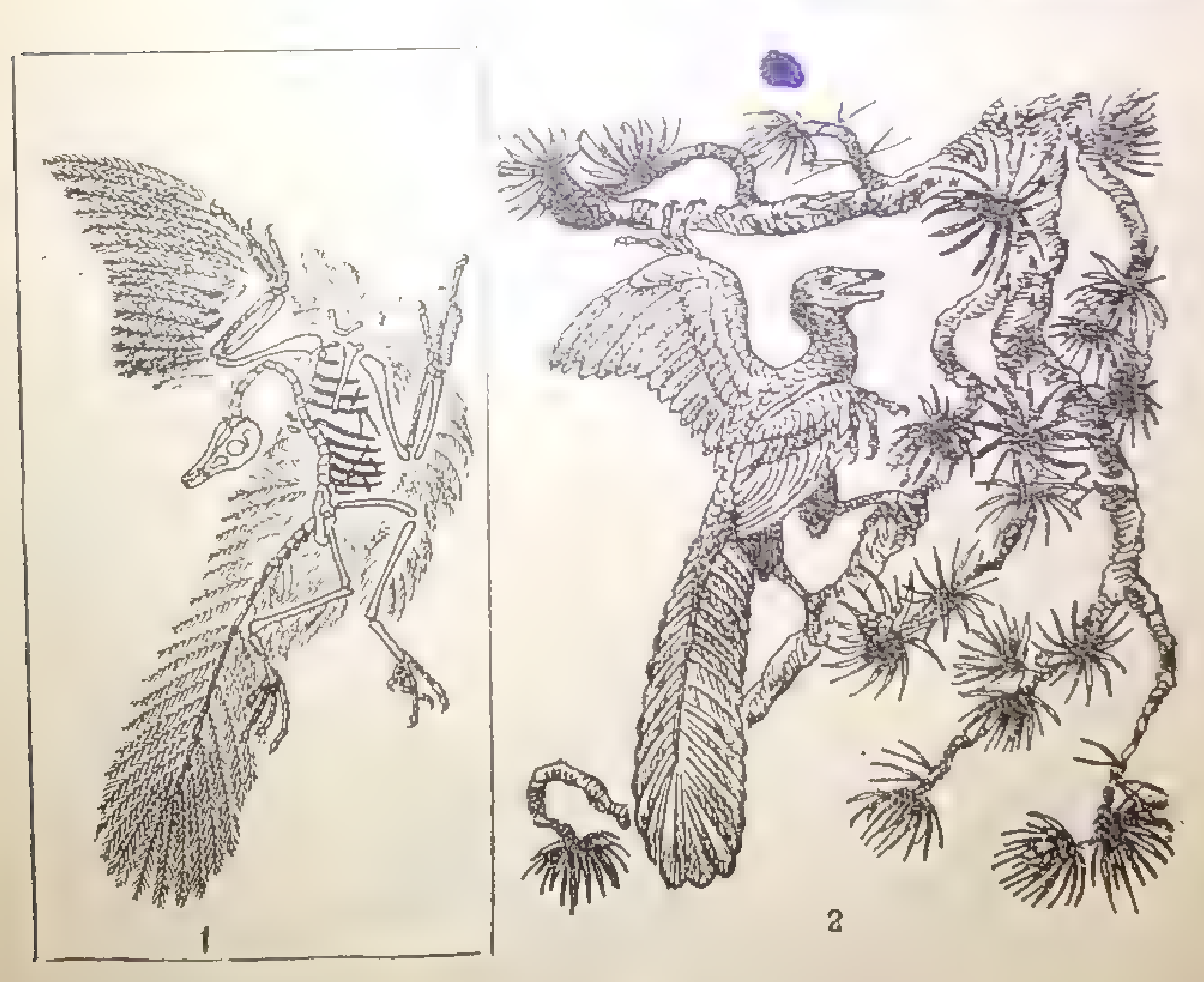


Рис. 41. Археоптерикс:
1 — отпечаток; 2 — реконструкция.

случаях удалось установить переходные формы, в других — филогенетические ряды.

Ископаемые переходные формы. Среди ископаемых организмов были открыты, как и у современных, переходные формы (стр. 62). Приведем несколько примеров.

В древнейших пластах земной коры (палеозойской эры) были найдены остатки вымерших земноводных плоскоголовых — стегоцефалов (рис. 40). В строении их скелета наряду с признаками земноводных (строение конечностей и наружный вид) можно отметить признаки рыб — двояковогнутые позвонки, наличие спинной струны, как у современных осетровых. В коже стегоцефалов были сильно развитые окостенения, подобные чешуе рыб. Вместе с тем у поздних стегоцефалов уже наметился шейный отдел позвоночника — признак пресмыкающихся.

Большой интерес с эволюционной точки зрения представляет находка археоптерикса в сланцах юрского периода мезозойской эры (рис. 41). Это животное величиной с голубя имело признаки птицы, но и сохраняло еще черты пресмыкающихся. Признаки птиц: сходство задних конечностей с цевкой, наличие перьев и общий вид.

Рис. 42. Псилофиты.

1 — риния из числа просто устроенных; 2 — астероксилон более сложного строения.

Признаки пресмыкающихся: длинный ряд хвостовых позвонков, брюшные ребра и наличие зубов. Археоптерикс не мог быть хорошим летуном, так как у него слаборазвитая грудная кость без киля, гибкий позвоночник и хвостовые позвонки.

Рассмотрим один пример переходных форм среди ископаемых растений.

В силурийском периоде (см. геохронологическую таблицу, стр. 98—99) появились и широко распространились в следующем девонском периоде растения **псилофиты** (рис. 42). Это были небольшие травянистые и деревянистые растения, произраставшие по берегам морей. У них имелся разветвленный стебель, покрытый щетинками, подземная часть которого напоминала корневище с ризоидами. Корней еще не было. Стебель уже был дифференцирован на ткани: проводящие, покровные и механические, кожица имела устьица, обеспечивавшие газообмен и испарение воды. Псилофиты произошли от зеленых водорослей и являлись переходными формами от низших, бессосудистых споровых водорослей к высшим споровым — сосудистым растениям: плауновым, хвощовым и папоротниковым. Вместе с тем псилофиты были переходными между водными и наземными растениями.

Филогенетические ряды. Ряд видов, последовательно и явно переходящих друг в друга и сменяющих один другой, называется **филогенетическим**. Палеонтологам удалось восстановить филогенетические ряды некоторых копытных, хищных, китообразных, отдельных моллюсков и др.

Русский ученый В. О. Ковалевский на основании палеонтологических находок восстановил историю лошади (рис. 43). Наиболее древний ее предок (начало палеогена) — **эогиппус** был ростом не больше лисицы, с четырехпалыми передними конечностями, трехпалыми задними и травоядного типа бугорчатыми зубами. Жил он в местностях с теплым и влажным климатом, среди пышных высоких трав и кустарников, передвигался скачками.

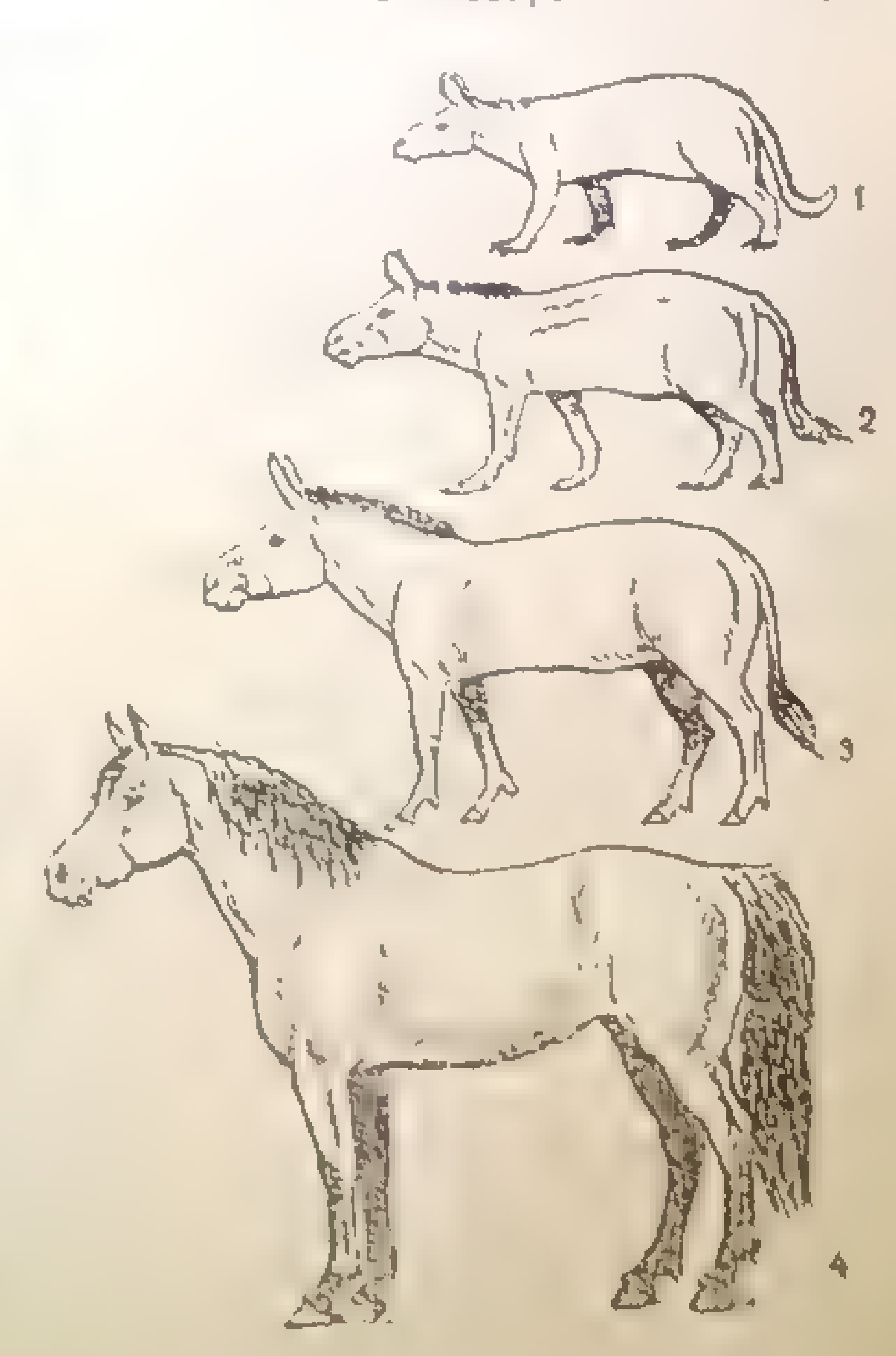


Рис. 43. Эволюция лошади: 1 — эогиппус; 2 — меригиппус; 3 — гиппарион; 4 — современная лошадь.

К концу неогена растительность стала более сухой и грубой; в открытых степных пространствах спасение от врагов можно было найти в быстром беге, так как других средств защиты у этих животных не было. Естественный отбор проходил в направлении удлинения ног и сокращения поверхности опоры — уменьшения количества пальцев, достигающих почвы, упрочения позвоночника, что способствовало быстрому бегу, и образования складчатых зубов. В результате произошла полная перестройка организма этих животных. Несмотря на огромную неполноту палеонтологической летописи, на что указывал еще Дарвин, общая картина развития жизни на Земле представляется ясно. По мере перехода от более древних земных слоев к новым наблюдается постепенное повышение организации животных или растений, постепенное приближение фаун и флор к современным.

Вопросы и задания

1. Какие доказательства в пользу эволюции дает палеонтология? 2. Какие формы называются переходными? Приведите примеры современных и ископаемых переходных форм. 3. Посетите краеведческий музей и ознакомьтесь с палеонтологическими материалами. 4. Повторите статью «Современная система растений и животных как отображение эволюции» (стр. 51).

Глава IV

Развитие органического мира

Результаты исследований, полученные различными науками, дополняют друг друга и позволяют проследить за главнейшими этапами развития органического мира.

Каким же был органический мир в отдаленные геологические эры и периоды? По каким направлениям происходило его развитие, пока он не приобрел современный облик?

§ 17. Море — первичная среда развития жизни

Ранние этапы развития жизни на Земле. Вместе с другими планетами солнечной системы Земля образовалась, как предполагают, 5—7 млрд. лет назад. Многие сотни миллионов лет условия, необходимые для жизни, отсутствовали. Это была звездная эра в истории Земли.

Первая геологическая эра — а р х е й с к а я, продолжительностью 900 млн. лет — почти не оставила следов органической жизни. Это объясняется тем, что осадочные слои архейского возраста были сильно видоизменены под действием высоких температур и давления, а также тем, что твердые части тела у первичных организмов были развиты слабо. Однако наличие пород органического происхождения — известняка, мрамора и углистых веществ — указывает на то, что в архейскую эру уже существовали живые организмы: бактерии, одноклеточные сине-зеленые и многоклеточные водоросли. Жизнь сосредоточивалась в

воде, которую водоросли уже насытили кислородом, что и создавало условия для появления животных. Таким образом, к началу протерозойской эры (длившейся 2000 млн. лет) произошли три крупных изменения в развитии живых организмов — возникновение: 1) полового процесса размножения; 2) фотосинтеза и 3) многоклеточных организмов.

Половой процесс возник, как предполагают, в форме слияния двух одинаковых клеток, например двух особей одноклеточных водорослей. Позднее половое размножение, по видимому, происходило при помощи специальных половых клеток.

При половом процессе мужская и женская половые клетки сливаются, образуя зиготу. Из нее развивается организм, совмещающий наследственность как отца, так и матери, это усиливает наследственную изменчивость в потомстве, а следовательно, расширяет действие естественного отбора. Новый способ размножения, как полезный в сохранении видов, был закреплен естественным отбором, и теперь он преобладает в животном и растительном мире.

Возникновение фотосинтеза положило начало разделению единого ствола жизни на два — растения и животные. На самых ранних этапах эволюции произошла дивергенция организмов по способу питания.

Первичные организмы могли существовать за счет разложения органических веществ, находившихся в изобилии в древнейших водных бассейнах. Некоторые первичные организмы получали необходимую для жизни энергию за счет той, которая выделялась при химических реакциях. И в наше время существуют бактерии, которые используют энергию, освобождаемую при окислении, например, азота, серы, железа.

Организмы, начавшие синтезировать пигмент хлорофилл, получили возможность использовать запасы углерода в форме углекислого газа и перерабатывать их в органические вещества на солнечном свету. В атмосфере появился свободный кислород.

Изменение воздушной среды и наличие пищи — зеленых растений — создали предпосылки для развития животных.

Родоначальниками простейших растений и животных считается группа древнейших одноклеточных организмов — жгутиковых. Бактерии и сине-зеленые водоросли не дали начала каким-либо новым типам и остались до нашего времени обособленными группами.

Предками многоклеточных организмов, как предполагают многие ученые, были колониальные формы одноклеточных жгутиковых. И в настоящее время существуют колониальные формы жгутиковых.

Многоклеточное строение повлекло за собой дальнейшее усложнение в организации живых существ—дифференциацию тканей, органов и их функций.

Остатки животного мира протерозойской эры крайне редки и малочисленны, но по ним можно судить о том, какой бесконечно длинный путь развития был уже пройден органическим миром. Известны остатки

всех типов беспозвоночных животных, включая высокоразвитые типы: иглокожих и членистоногих. Предполагают, что в конце протерозойской эры появились первичные хордовые — подтип бесчерепных, единственным представителем которых в современной фауне является ланцетник.

Важнейшим этапом было возникновение животных с двусторонней симметрией тела, которая привела к дифференцировке его на передний и задний концы, а также на брюшную и спинную стороны. Передний конец является местом, где развиваются органы чувств, нервные узлы, а в дальнейшем — головной мозг; спинная сторона выполняет защитную функцию, брюшная обеспечивает захват пищи. Подавляющее большинство многоклеточных животных двусторонне-симметричны.

Растения и животные в протерозойскую эру еще не заселили сушу, но бактерии и одноклеточные водоросли могли существовать во влажных местах, принимая участие в процессах почвообразования.

Палеозойская эра. Начиная с кембрийского периода эта эра отличается большим разнообразием форм (рис. 44). Кроме бактерий и одноклеточных водорослей, получили распространение крупные многоклеточные водоросли.

В эволюционном отношении многоклеточные водоросли представляли большой шаг вперед, так как обладали более совершенными способами питания и размножения по сравнению с одноклеточными водорослями. Расчленение тела у многоклеточных водорослей путем ветвления и образования различных выростов, напоминавших по виду листья, стебли и корни, увеличивало поверхность соприкосновения с внешней средой, откуда они получали питательные вещества и воду.

О фауне кембрийского и силурийского периодов свидетельствуют ископаемые остатки, относящиеся ко всем современным типам: простейшим, кишечнополостным,



Рис. 44. Жизнь в море в кембрийском периоде. Суша — необитаемые скалы и пески.

губкам, червям (три типа), иглокожим, моллюс[illegible] (рис. 45), членистоногим, хордовым.

В морях силурийского периода пр[illegible]ногие, это были сидячие небольшие животные (до 1[illegible]), с двустворчатой раковиной; в современной фауне их осталось не более 200 видов. В илистом грунте ползали [illegible]ставители членистоногих трило[illegible] высокоорганизо[illegible] гали 75 *см* в дл[illegible]

В земных [illegible] с внутрен[illegible] (рис. 46). Современные миноги и миксины — отдаленные потомки щит[illegible]

[illegible] возникает [illegible] в [illegible] эру, но до [illegible] животного мира [illegible] ных форм [illegible]

Рис. 45. Жиз[illegible]



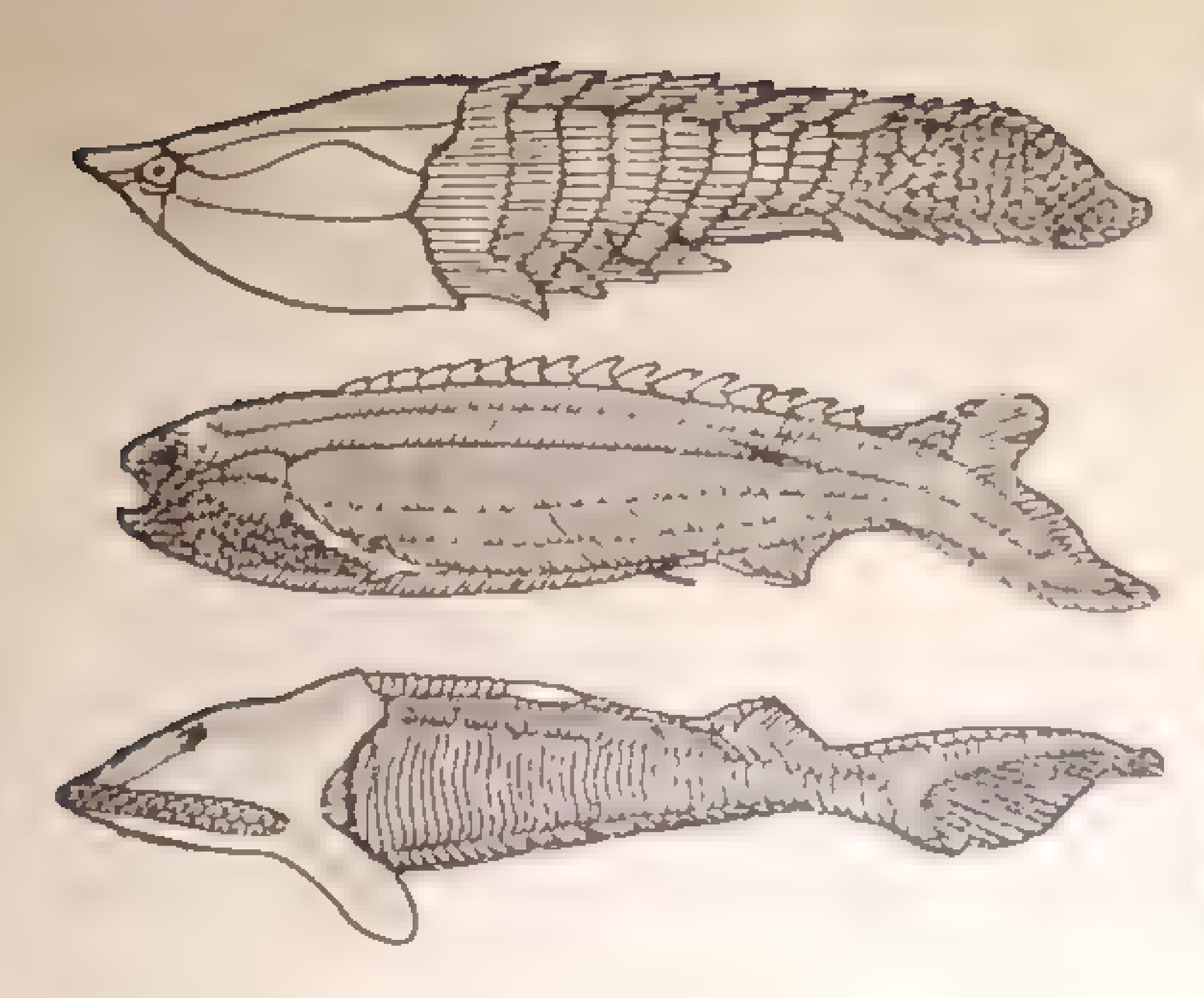


Рис. [illegible] [illegible] ...статки позвоночных.

Рис. 47. [illegible]

Вопросы и задания

1. По геохронологической таблице [illegible] п риодов (не заучивая). Обратите [illegible] ротном мире в архе[illegible] периоды палеозойской эры. 2. [illegible] в развитии органического мира [illegible] 3. [illegible] развитие животных? 4. [illegible] отборе (стр. [illegible]) и дивергенции (стр. 11–15).

§ 18. Развитие наземных организмов в палеозойскую эру

Выход растений на сушу. В [illegible] в связи с бурными [illegible] территории суши освободились [illegible] ся в условиях суши, [illegible] ных водорослей [illegible] бительное значение [illegible] ми на новый [illegible]

По сравнению [illegible] фиты претерпели [illegible] выполняющие различные функции: защитная [illegible] ми), поглощения [illegible] воды с растворами [illegible] механическая, [illegible] псилофитов [illegible] ми, похожими [illegible] **жалось под землей, образуя** [illegible]

Возможность [illegible] жизнедеятельностью бактерий, [illegible] **здавших первую почву.**

С середины девонского периода [illegible] псилофитов и их полное исчезновение [illegible] периода. [illegible]



ли начало [illegible]
плауновым, хвощовым и [illegible]

Каменноугольные леса. [illegible] растительности произошел крупный эволюционный подъем около 350 млн. лет назад, в начале к а м е н н о у г о л ь н о г о [illegible] с его теплым влажным климатом и воздухом, богатым у[illegible] газом вследствие сильной вулканической [illegible] В[illegible]вые на Земле появились огромные леса из [illegible]папоротникоо[illegible] (рис. 47) — гигантских папоротников, древ[illegible] хвощовых и [illegible]новых — высотой 15—30 *м*. В подлеске [illegible] формы папоротникообразных; стволы обвивали ли[illegible]папоротни[illegible]

По сравнению с псилофитами папо[illegible]кообр[illegible]гими преимуществами: хорошим развити[illegible] систем, а также листьев. Но в [illegible] все еще были связаны с водой, необх[illegible] вых клеток при оплодотворении [illegible]

Пышная растительность сил[illegible]гатив ее кислородом, что имело [illegible] ных животных. Растительность камен[illegible]ствовала образованию плодородны[illegible] А это благоприятствова[illegible] дальнейш[illegible] тельности.

Леса каменноугольного периода образовали месторождения каменного угля, [illegible] нас.

Древнейшие семенные растения. В каменноугольный период в лесах произрастали семенные папоротники — древнейшие голосеменные, у которых вместо спорангиев со с[illegible]ми развивались семена. Семенные

папоротники ясно [illegible] тений из споровых.

Возникновение пер[illegible] было огромным [illegible] грессивным фактом, [illegible] эволюцию [illegible] ний. Особенности разм[illegible] создав[illegible] имущественное поло[illegible] У семенных растений [illegible] зародыш на[illegible] влиянии, [illegible] ходим[illegible] ся в наличии [illegible] собой всего о[illegible] веществ; для [illegible]

С конца кам[illegible] разованием, ох[illegible] ной шар, влаж[illegible] условиях [illegible] рать; лишь в [illegible] мы. Вымерли [illegible] голосемен[illegible] множение с[illegible] Богатое ра[illegible] продолжалось почти [illegible]

Выход позвоночных на сушу. [illegible] тений создал[illegible] жив[illegible] сушу и да[illegible] ческого сост[illegible]

Чтобы понять, ка[illegible] на сушу, следует остановиться на [illegible] нии изменениях, п[illegible] вое крупное пре[illegible] цирных рыб. Сч[illegible] ковых. Челюстн[illegible] скелетом и подвижными [illegible] и костным панцире[illegible] стигавшие в длину нескол[illegible] важным этапом п о [illegible] з а ц и и позвоночн[illegible] ми, могли активнее охот[illegible] и связи с чем в проце[illegible] нервная система и органы [illegible]

В девонском периоде поя[illegible] перые (рис. 48, *1*). Они имели [illegible] ное при помощи одного или двух пузырей, открывающихся на брюшной стороне пищевода.

Плавни[illegible] у челюстных [illegible] нии, т. е. плава[illegible]. Плавники [illegible]

ко функций: они служили также опорой о землю при ползании. Скелет плавника кистеперой рыбы гомологичен пятипалой [illegible] звоночных (рис. 49).

Кистеперые обитали в пр[illegible]. В [illegible] перешли в моря. В 1939 году [illegible] было поймано несколько экземпляров рыб[illegible]. Это дошедшие до нас представит[illegible] полностью вымершими (рис. 48, 2).

Самыми примит[illegible] них земноводных [illegible] кистеперых рыб. [illegible] ставить себе таким образом. Рыбы, принадлежавшие к одной из [illegible] вей кистеперых, [illegible] плавниками [illegible] в [illegible] водоемах, [illegible] хавших, что заставляло животных переползать в оставшиеся [illegible]. На основе наследственной изменчивости и в процессе ес[illegible] плавники превратились в конечности, пригодные для хо[illegible]. [illegible] посылками для выхода на сушу кистеперых предко[illegible] ли строение кон[illegible] и [illegible] дыхание.

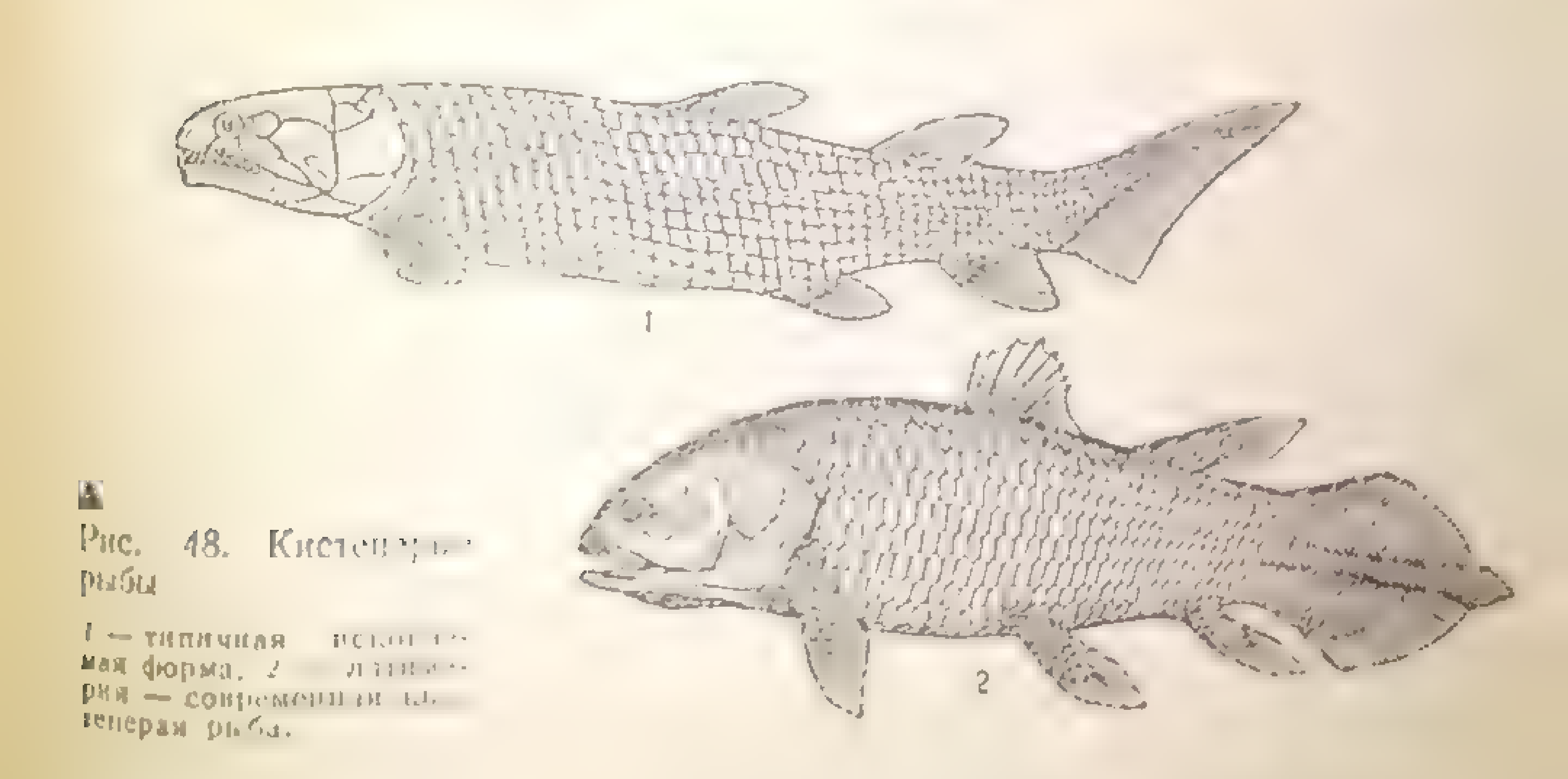
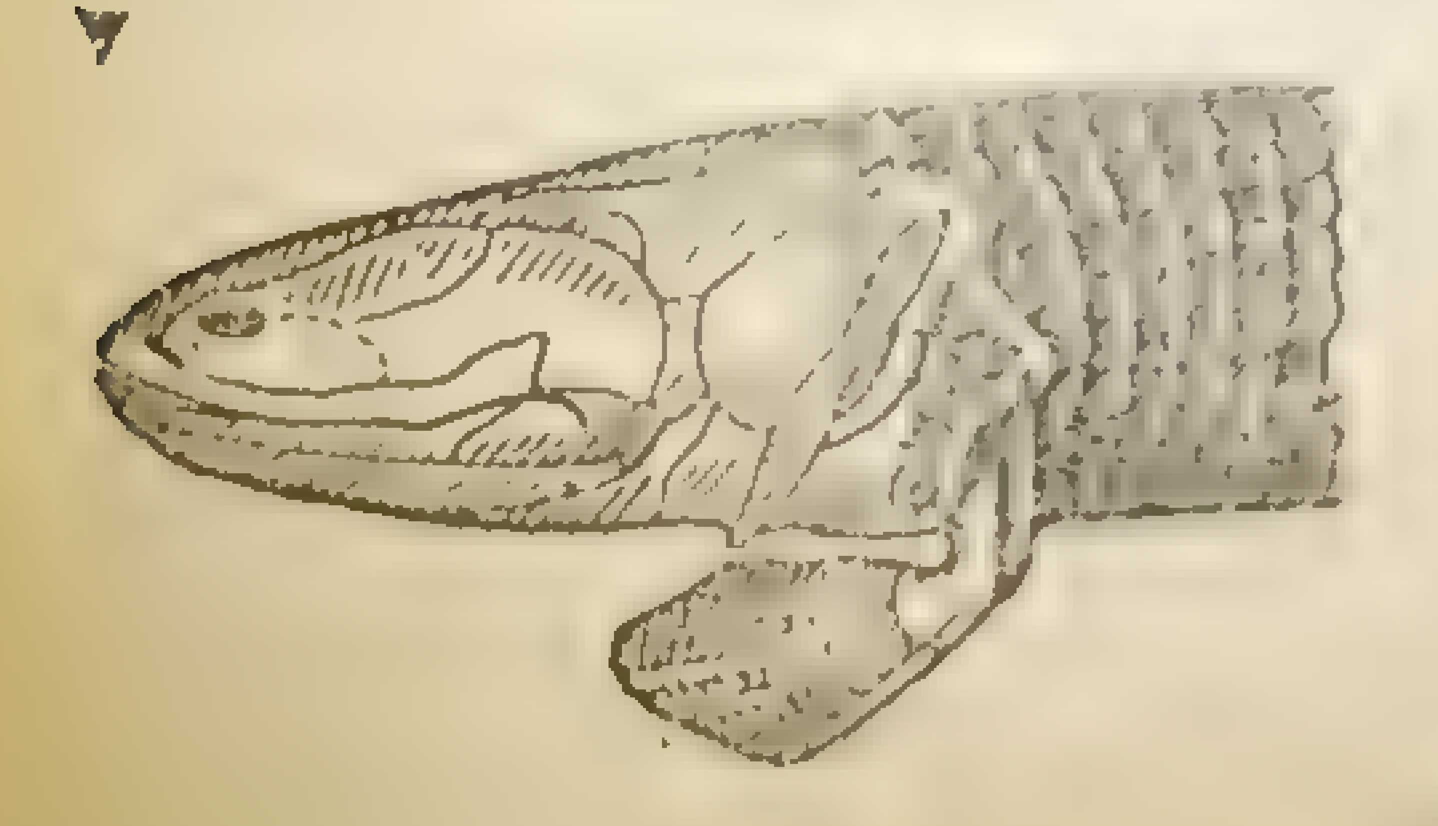


Рис. 48. Кистеп[illegible] рыбы

1 — типичная [illegible] мая форма, 2 [illegible] рия — современн[illegible] теперая рыба.

Рис. 49. Древняя кистеперая рыба и ее грудной плавник.





Древнейшие земноводные — [illegible] обитали в болотистых местностях. Размно[illegible] чинок, дышавших жабрами, происходило [illegible] земноводных, в воде. Поэтому первые [illegible] жить в местах [illegible] земноводными [illegible] разием размеров [illegible] чием [illegible] брюх[illegible]

Стегоцефалы [illegible] пресмыкающихся. Это [illegible] ный климат, [illegible] здавали исключительно благоприятные [illegible] земноводных, приспособленных [illegible] ходящихся на *[illegible]* [illegible]

В каменноугольном периоде [illegible] роцвее развитие [illegible]

В морях плавало [illegible] должали [illegible] жек шло интенсивное [illegible] ногие, моллюски [illegible]

Ранее существовавшие [illegible] пы; вымирали одни [illegible] венный отбор [illegible] ям, хотя и в пределах [illegible] ний и способствовало [illegible]

В конце каменноугольного периода и [illegible] ского создались [illegible] земноводных. Прежде [illegible] ды, без которой не мог [illegible] веносная система [illegible] щать тело от высыхания [illegible] вымерла. Те из них, которые [illegible] и топях, дали начало [illegible] ро[illegible]

Способной к дальнейшему [illegible] группа земноводных, которые [illegible] оказавшиеся [illegible] ся способ размножения [illegible] имело большое [illegible] щую зародыш от [illegible] ше. Эти важные преобра[illegible] множения и развития [illegible]

У взрослых животных р[illegible] ший их от высыхания. Легкие и кров[illegible] более совершенными у этих животных пр[illegible] жизни на суше. Таким образом, возник [illegible] пресмыкающиеся.

Полагают, что древнейшие пресмыкающиеся ведут начало от вымерших полностью котилозавров, по своим признакам переходных от земноводных к пресмыкающимся (рис. 50).

Появление древнейших пресмыкающихся [illegible] в [illegible] шагом в развитии животного мира: из [illegible] возникли более высокоорганизованные [illegible]. [illegible] в конце палеозойской эры климат на [illegible] ким и засушливым, пресмыкающиеся оказались [illegible] обитания. Главным образом это были [illegible] гарейазавр. Некоторые пресмыкающиеся [illegible] Особенно интересна группа [illegible], которых были найдены в СССР на берегах Северной Двины. У [illegible] есть сходство с млекопитающими в строении черепа, [illegible] и конечностей, а также [illegible] зубов на клыки, [illegible] (рис. 51). Предполагают, что от потомков зверозубых [illegible] начало первые млекопитающие. Зверозубые ящеры — [illegible] форма.

Итак, в палеозойскую эру происходит дальнейшее развитие беспозвоночных в воде; [illegible] и хрящевые рыбы

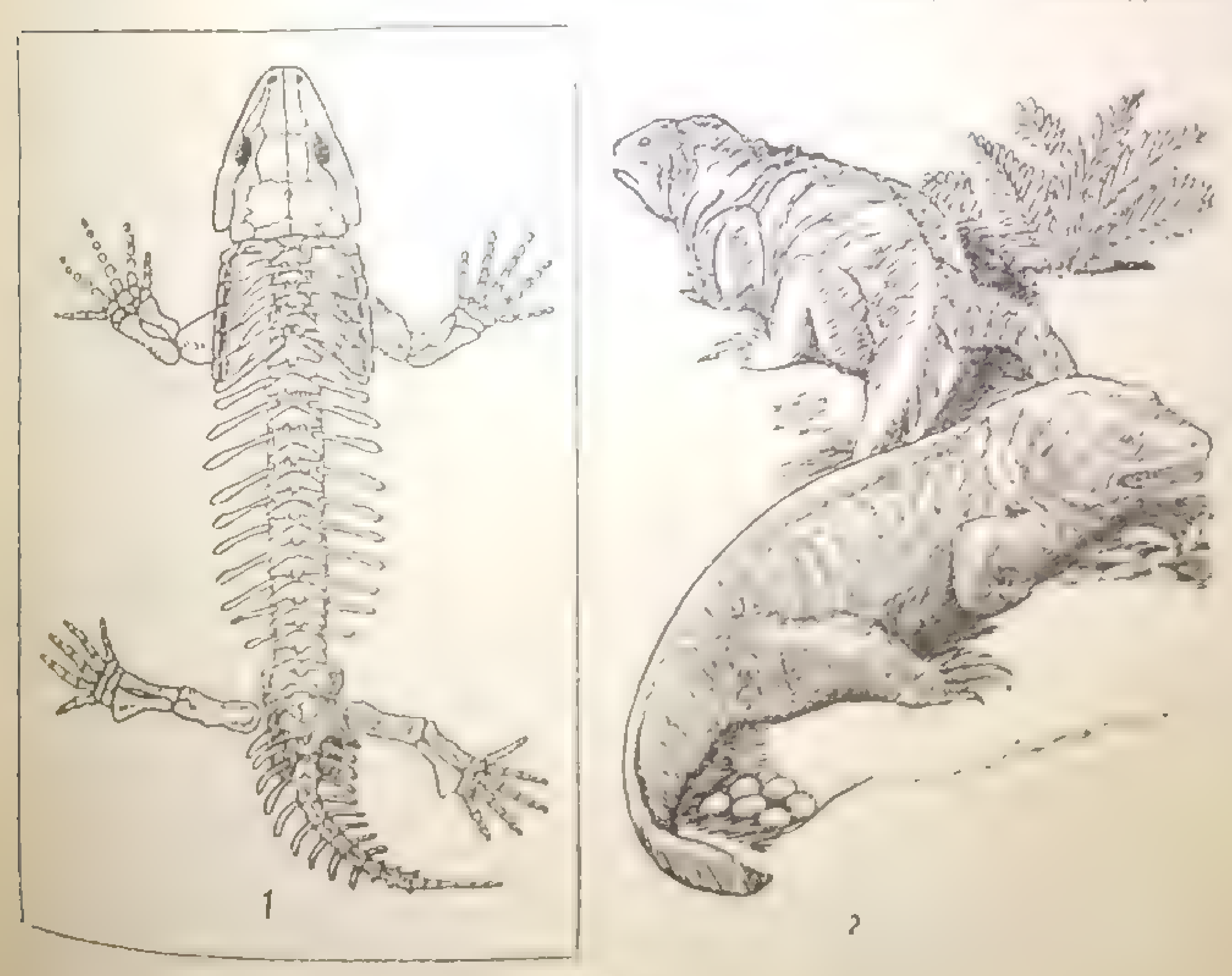


Рис. 50. Примитивное [illegible] сходство с земноводными, — сеймурия (из группы котилозавров):
1 — скелет; 2 — реконструкция.



Рис. 51. Зверозубый ящер иностранцевия:
1 — череп, 2 — реконструкция.

Растения и животные вышли на сушу; появились сосудистые споровые и голосеменные растения, кистеперые рыбы, земноводные и пресмыкающиеся.

В органическом мире происходили глубокие изменения; в разные геологические эры и периоды существовали различные флоры и фауны, преемственно сменявшие друг друга.

Как вы видите, ознакомление с наиболее важными этапами развития органического мира в первые три эры — архейскую, протерозойскую и палеозойскую — дает богатый фактический материал, на основании которого можно судить о направлениях эволюции.

Рассмотрим этот вопрос, прежде чем перейти к изучению дальнейших изменений в живой природе в течение мезозойской и кайнозойской эр.

Вопросы и задания

1. [illegible] 2. [illegible] 3. [illegible] Какое [illegible] 4. [illegible] ход животных [illegible] 5. [illegible] класса пресмыкающихся? 6. [illegible]

§ 19. Главные направления органической эволюции

Чарлз Дарвин доказал, что пр[illegible] ра совершается непрерывно и имеет при[illegible] В целом этот процесс приводит [illegible] живых существ, но вместе с тем он идет дивергентно. [illegible]

лениях эволюционного процесса был разработан выдающимися отечественными учеными А. Н. Северцовым и И. И. Шмальгаузеном.

Следует отметить три главных направления эволюции: ароморфоз, идиоадаптация и дегенерация.

Первое направление — ароморфоз, или морфо-физиологический прогресс. Ароморфозами называют приспособительные изменения, [illegible] из более [illegible] имеющие [illegible] свою [illegible] среду.

Понимая [illegible] морфозы созда[illegible] менения.

На ранних этапах ра[illegible]тия органического мира выделяют три крупных ароморфоза — в[illegible]никновение: 1) полового процесса, 2) фотосинтеза и 3) [illegible] в чем состоял [illegible] развитии органического мира.

Важные ароморфозы [illegible]тений положили начало новому этапу в развитии [illegible] на суше, в новой, [illegible] водная. Достаточно [illegible] в функциях [illegible] чтобы понять значение [illegible] ароморфозом в [illegible] множения спорами к размножению семенами.

Каждый из [illegible] нужный материал [illegible] зойскую эру».

В животном мире [illegible] ких червей, [illegible] развитие трехслойн[illegible] мы и энтодермы, у них [illegible] ма. В процессе дальнейшей [illegible] лись стенки кишечника, [illegible] ная ткань, органы размножения, [illegible] ная симметрия тела [illegible] концы, брюшную и спинную сторон[illegible] ло подвижность, способность захватывать [illegible] У турбеллярий [illegible] подчеркивает значение ароморфозов.

Подавляю[illegible]

[illegible]

У позвоночных [illegible] ароморфозов. Из них [illegible] легочного дыхания [illegible] Позднее крупным ароморфозом [illegible] появление внутреннего оплодотворения и [illegible]



лочек яйца, защищающих зародыш от высыхания, усложнение в строении сердца и легких, ороговение кожных покровов. Эти глубокие изменения привели к [illegible] класса пресмыкающихся.

[illegible]

Второе направление — идиоадаптация. Идиоадаптации [illegible] частные [illegible] изменения, [illegible] в определенных [illegible] условиях среды [illegible] повышения общего уровня организации.

Рассмотрим это на примере истории класса земноводных. В [illegible] периоды [illegible] эры у какой-то части [illegible] в процессе естественного отбора выработались частные приспособления к определенным и ограниченным местообитаниям. Но [illegible] повышения уровня организации у земноводных [illegible] не произошло, и они сохранили все признаки класса [illegible]. Современные амфибии [illegible] хорошо приспособлены [illegible]

[illegible]

[illegible]

Рис. [illegible]

1 — Белка [illegible] 4 — Тушканчик. 6 — [illegible]

которыми летучими мышами), приспособления плодов и семян к рассеиванию, приспособления листьев к уменьшению испарения.

Большинство отрядов и [illegible] мелких групп возникло на пути развития частных приспособлений без повышения общей организации (рис. 52).

Третье направление — дегенерация. [illegible] называют упрощение [illegible], связанное с переходом организма к таким взаимоотношениям со средой, при котором он избавляется от острого [illegible] зания с другими [illegible]. [illegible] переход приводит к [illegible] из-под контроля [illegible] ного значения.

Дегенерация часто связана с переходом к сидячему или паразитическому образу жизни. У взрослой асциди[illegible] хордовых), [illegible] прикрепленный образ жизни [illegible] темы и хорда (стр. 65). Ярким примером де[illegible] паразитические черви.

Паразитирующая на клевере, хмеле и других растениях повилика (сем. вьюнковых) лишена главного органа — листа, а вместо корней у нее образуются [illegible] питательные вещества из растения-хозяина.

Соотношения различных направлений эволюции. [illegible] эволюции связаны [illegible] разом.

Ароморфозы наблюдаются в эволюции разл[illegible]х групп животных и растений значительно реже, чем идиоадап[illegible], но они обозначают новые этапы в развитии органического мира.

Новая высшая группа [illegible] ароморфозов, при этом она большей частью проник[illegible]ния. В условиях новой среды она претер[illegible] приводят к новым ароморфозам, други[illegible] — идиоадаптациям.

Предпосылкой к новым аромо[illegible]жит общая примитивная (неспециализированная) орга[illegible], связанная [illegible] но со способностью органов к [illegible] не одной, а многих функций.

Примером общей примитивной организации могут быть среди растений псилофиты, среди животных — с[illegible]оцеф[illegible] переходные формы от низших к высшим систематич[illegible]. В качестве примера многофункциональности органов [illegible]о привести конечность кистеперой рыбы (стр. 80—81). Многофун[illegible]циональность органов сохраняется у многих животных и по настоящ[illegible]е время. У большинства наземных млекопитающих конеч[illegible] две функции: [illegible]ождения — главную и плавания — [illegible].

Каждый ароморфоз открывает [illegible]
Они обеспечивают более полное [illegible]
различных местообитаний без повышения уровня [illegible].

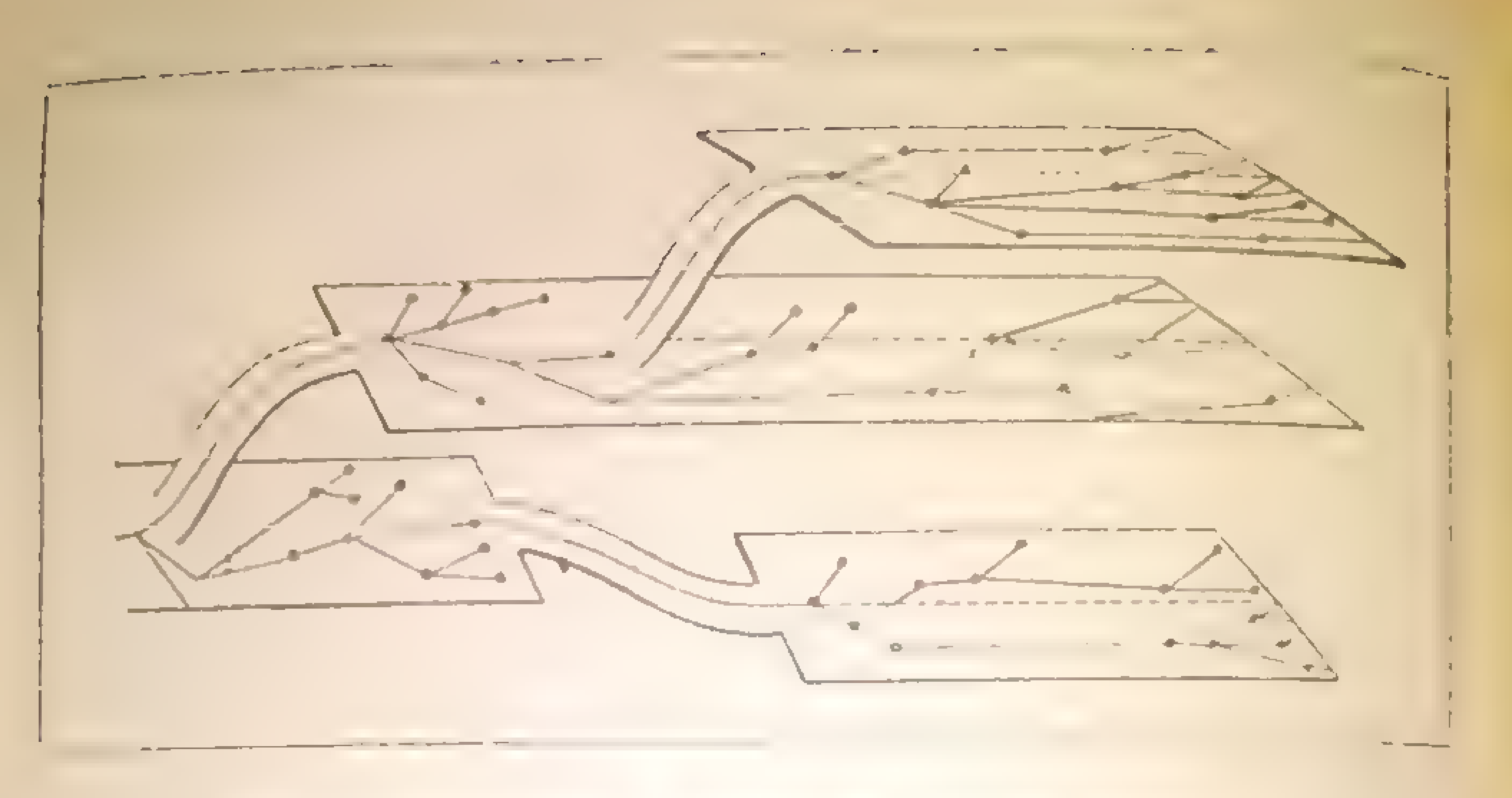


Рис. 53. Схема соотношений [illegible], идиоадаптаций и общей дегенерации

В случаях упрощения [illegible] организмов со средой происходит общая дегенерация.

Рассмотрите схему (рис. 53), иллюстрирующую соотношение между направлениями эволюции. Горизонтальные плоскости на схеме изображают различные уровни организации. Чем выше уровень организации, тем выше изображается соответствующая ему плоскость. Восходящие ленты обозначают пути ароморфозов; лента к сниженной плоскости выражает путь регресса — дегенерации. Линии, соединяющие точки на каждой плоскости, показывают дивергентный ход эволюционного процесса, в результате чего возникают идиоадаптации.

Прогресс и регресс в органическом мире. Развитие живой природы, начиная с первичных организмов, шло по восходящей линии, от низшего к высшему, от простого к сложному, т. е. по пути прогресса. Однако понятие о прогрессе в органическом мире не означает, что историческое развитие происходило только в одном направлении — по восходящей линии. Оно осуществлялось [illegible] и разнообразными путями.

Прогресс в общей организации всегда оказывался связанным с регрессом — недоразвитием отдельных органов или частей тела. Палеонтологический ряд лошади (стр. [illegible]) [illegible] о прогрессивном развитии этого [illegible] пальцев, а по положению [illegible] зубов.

«Главное [illegible] в органическом мире является [illegible] регресс [illegible] одностороннее развитие в [illegible] многих других направлениях».

Различают два типа прогресса [illegible]: **м о р ф о ф и з и о л о г и ч е с к и й** и **б и о л о г и ч е с к и й**.

Ароморфоз — это и есть морфо-физиологический прогресс, а дегенерация — морфо-физиологический регресс.

Что же такое биологический прогресс и биологический регресс?

Биологический прогресс и биологический регресс. Развитие ароморфозов, идиоадаптаций, а также изменения при дегенерации создают возможности повышения выживаемости и понижения смертности в популяциях. При высокой выживаемости численность особей в популяциях возрастает, ареал обитания расширяется, темпы [illegible] новых внутривидовых группировок, а в конечном [illegible] ускоряются. Это биологический прогресс.

Таким образом, *под биологическим прогрессом [illegible] который ведет к увеличению численности особей в [illegible] рению ареала, а также к [illegible] ференцировки и образованию новых видов.*

Наглядным примером биологического прогресса [illegible] распространение зайца-русака. Сто лет назад граница его распространения на севере была до линии Ленинград — Казань [illegible] до р. Урал. В настоящее время это животное на севере распространено в Средней Карелии и далее, на востоке — до Омска, на юге — до Северной Африки, Малой Азии, Крыма, Закавказья и Ирана. Заяц-русак подвергся большой дифференцировке: известно около 20 [illegible] видов его.

Еще пример биологического прогресса дают нематоды (круглые черви), которые заселяют в настоящее время всю почву Земли, моря и океаны, пресные водоемы [illegible] из этих червей — паразиты растений, животных и человека. [illegible] и нематоды [illegible] в настоящее время процесс [illegible] биологического прогресса.

Биологический прогресс может быть достигнут и при общей дегенерации. Так, например, происходит у животных, [illegible] сидячий или паразитический образ жизни, а также у растений-паразитов. У солитера нет [illegible], очень слабо развита нервная система, способность к самостоятельному передвижению [illegible] ствует. Но наряду с упрощением организации это животное обладает присосками и прицепками, при помощи которых и держится в стенках кишечника своего хозяина, а также сильно [illegible] органами размножения и огромной плодовитостью.

Подавляющее большинство современных видов [illegible] охвачено процессами биологического [illegible]. В [illegible] хозяйстве и в медицине [illegible] прогресса тех или иных [illegible]

В природе наблюдается [illegible] логическому прогрессу, — биологический регресс.

Под биологическим регрессом пони[illegible] нию численности особей в популяциях и числа [illegible] рению ареала, снижению [illegible] и уменьшению числа видов.

Биологический регресс может [illegible] в результате изменения отношений организмов с внешней средой в неблаго[illegible]

сторону. Причинами этих изменений могут быть изменения климата, горообразование, наступления и отступления моря и др., а наряду с ними — изменения в отношениях между видами, родами и т. п. В геологическом прошлом многие группы подверглись биологическому регрессу в такой мере, что он привел их к вымиранию. Вымерли [illegible] биты, гигантские ракоскорпионы. Из многочисленных [illegible] нейших земноводных эволюционировали только [illegible] ли к образованию современных классов [illegible] щихся. Среди растений давно исчезли [illegible] лярии, семенные папоротники.

В современную геологическую эпоху [illegible] регресс, например, плеченогие, пышный расцвет которых [illegible] к девонскому и каменноугольному периодам, в растительном мире [illegible] хвощовые и плауновые, наибольшее развитие которых [illegible] в каменноугольном периоде. Происходит биологический [illegible] ного таракана, черной крысы, многих видов, обитающих на [illegible] океанических островах.

С появлением человека [illegible] биологического регресса [illegible] связаны с теми изменениями, которые он вносит в ландшафты Земли, нарушая связи живых существ со средой, сложившиеся в процессе длительной эволюции. Например, сокращение ареала европейского бобра, выхухоли, европейского зубра и многих других видов животных. Биологический регресс [illegible] грозит вымиранием. Вот почему мероприятиями по охране природы важно не только сдерживать биологический регресс, [illegible] ликвидировать, и предупреждать его.

Ознакомившись с направлениями эволюции органического мира, продолжим рассмотрение дальнейших этапов ее в мезозойскую и кайнозойскую эры, причем вы [illegible] встретитесь с примерами ароморфозов, идиоадаптации и [illegible].

Вопросы и задания

1. Назовите главные [illegible] Поясните примерами. 2. [illegible] почных животных. 3. [illegible] ными? 4. Почему [illegible] нами является [illegible] 5. [illegible] 6. [illegible] (рис. 53) и, пользуясь [illegible] 7. Что такое морфо-[illegible] Приведите примеры. 8. [illegible] процессы характеризу[illegible]

§ 20. Дальнейшее приспособление органического мира к наземной жизни в мезозойскую эру

Завоевание суши голосеменными растениями. В [illegible] зойской эры (173 млн. лет) вдоль [illegible] мощные горные цепи. Они отгораживали сушу от [illegible] морских ветров.

В **триасовом** периоде на значительной [illegible] земного шара был резко континентальный климат. В новых условиях усилилось развитие **голосеменных**, получивших большое [illegible] перед сосудистыми споровыми растениями (рис. 79, 80).

Голосеменные перешли к новому способу оплодотворения. Половые клетки у них стали развиваться во внутренних тканях. [illegible] половая клетка двигалась к женской [illegible] воды. Это был ароморфоз [illegible] во многом обеспечивший дальнейшее [illegible]. Притом голосеменные [illegible] семян ветром и водой. [illegible] ской эры [illegible] богатое развитие [illegible] в **юрском** периоде и [illegible]

Победа покрытосеменных. Однако в течение нескольких сотен тысяч лет голосеменные были вытеснены недавно возникшей группой покрытосеменных растений. Пока не [illegible] этой резкой смены. Возможно, [illegible] концом мезозойской эры [illegible] начала [illegible] распределения суши и моря, а также климата.

Предками покрытосеменных были древние [illegible]. К концу мезозойской эры уже существовали однодольные и [illegible] растения. Наиболее древние формы покрытосеменных [illegible] Существует предположение, что они возникли в [illegible] на материке, который позже стал дном океана. Семейства [illegible] и магнолиевых — [illegible] древние, судя по [illegible], строению цветка и древесины. В [illegible] и магнолиевых [illegible] количество плодников и [illegible], расположенных по спирали, [illegible] определенное число частей [illegible]. В древесине [illegible] расположены [illegible]. Все эти признаки считаются [illegible].

Покрытосеменные [illegible] путем ароморфозов.

Кроме тех ароморфозов, которые наблюдались у всех [illegible] групп, у покрытосеменных произошел еще один [illegible]: развитие цветка, ставшего широким, [illegible] приспособлением к опылению.

В дальнейшем в цветке [illegible] приспособления к опылению [illegible]. Из других [illegible] покрытосеменных [illegible] приспособления к распространению плодов и семян [illegible] испарения [illegible].

Покрытосеменные приобрели ряд [illegible] с голосеменными. Семяпочки [illegible] семена развиваются [illegible] питательным материалом, [illegible] насекомых, и огромная поглощающая [illegible] корней.

Покрытосеменные растения быстро завладели всей поверхностью [illegible], освоили водную среду, дали бесчисленные разнообразные фор-

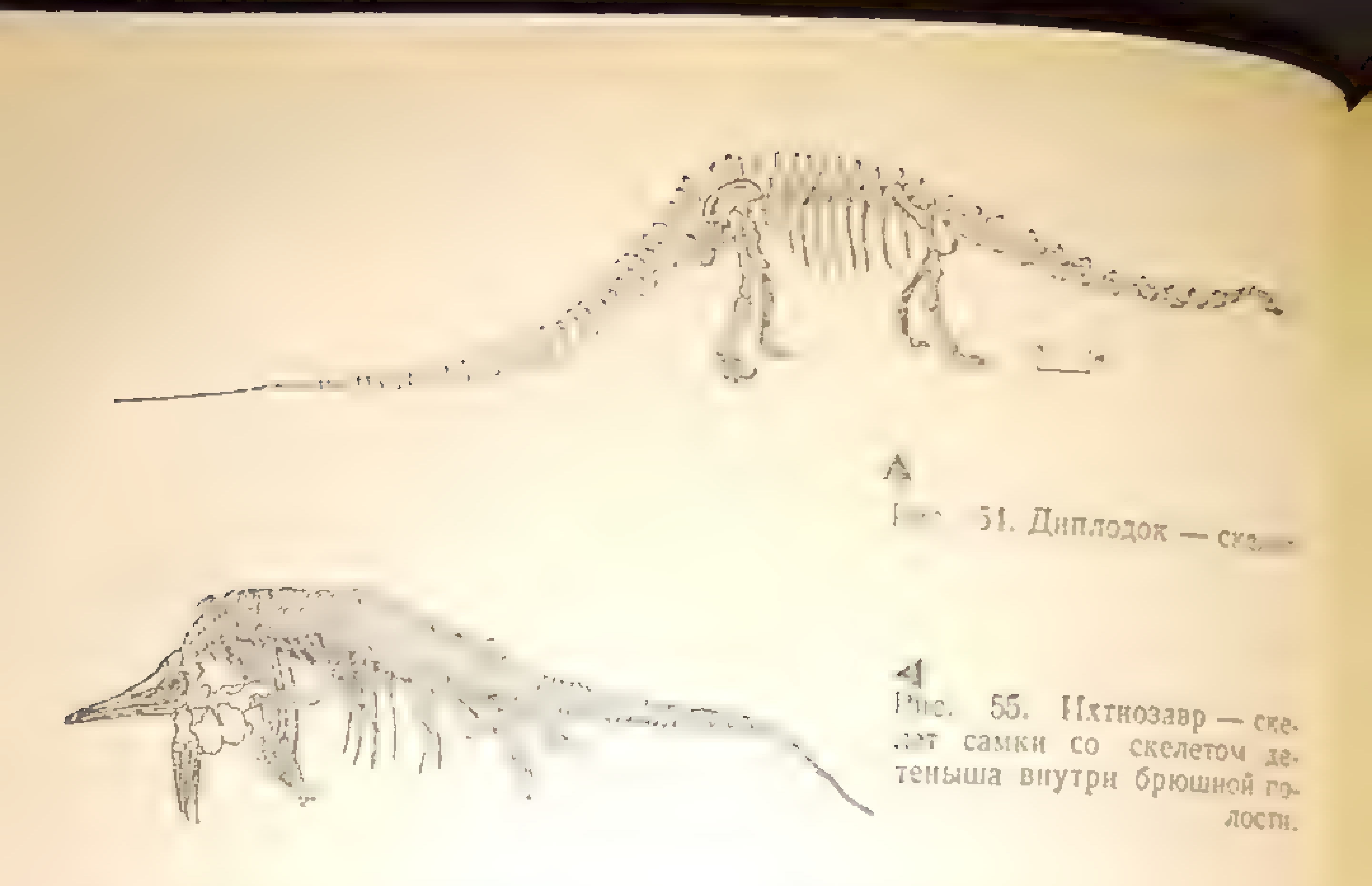


Рис. 54. Диплодок — ске[illegible]

Рис. 55. Ихтиозавр — скелет самки со скелетом детеныша внутри брюшной полости.

мы: деревья [illegible] и однолетние травы. Большую роль в быстром распространении покрытосеменных сыграла их выносливость в различных климатических и почвенных условиях. Развитие листьев, стеблей, характер ветвления обеспечили наилучшее поглощение и использование [illegible]

Пышное развитие [illegible] было связано с одновременным развитием [illegible] лей: бабочек, шмелей, пчел, мух и др.

Хвойные и споровые [illegible] с распространением покрытосеменных, а продолжали [illegible] развиваться, образуя новые виды. Среди хвойных [illegible] тиса, сосной, появилась ель; из споровых — мелкие [illegible], папоротники.

Гигантские пресмыкающиеся. Самая характерная черта развития животного мира в мезозойскую эру — поразительный расцвет и последующее очень быстрое [illegible] гигантских пресмыкающихся. В юрском периоде они достигли большого видового разнообразия без повышения уровня организации [illegible]

Из [illegible] изображен скелет одного из них — диплодока.

В мезозойскую [illegible] ящеры [illegible] хе парили [illegible] размахом [illegible] 7—8 *м*. Предполагают, что [illegible] питались [illegible]

Подобно [illegible] очень быстро [illegible]

ны их внезапного исчезновения окончательно не установлены. В числе причин могут быть похолодание климата в связи с поднятием новых горных цепей на пути влажных морских ветров, [illegible] в результате поднятия суши, вызвавшее гибель [illegible] прибрежных низменностей, которой питались [illegible] пресмыкающиеся, и др.

С эволюционной точки зрения, [illegible] представляли собой слепые ветви, [illegible]. Вследствие своей узкой специализации они не [illegible], менее специализированными, но способными к [illegible] пресмыкающимися — предками [illegible]. По сравнению с гигантскими пресмыкающимися предки [illegible], как и предки птиц, были меньших размеров, [illegible] выдвинулись в следующую эру.

Первые млекопитающие. Среди древних [illegible] вого периода встречались мелкие формы, у которых [illegible] ривались особенности строения, исключительно важные для дальнейшего прогресса. Такими особенностями оказались живорождение, кормление детенышей молоком, постоянная температура тела, дифференциация зубов, образование рыла путем сужения передней части черепа. Все эти приспособительные изменения имели значение ароморфозов в происхождении класса млекопитающих.

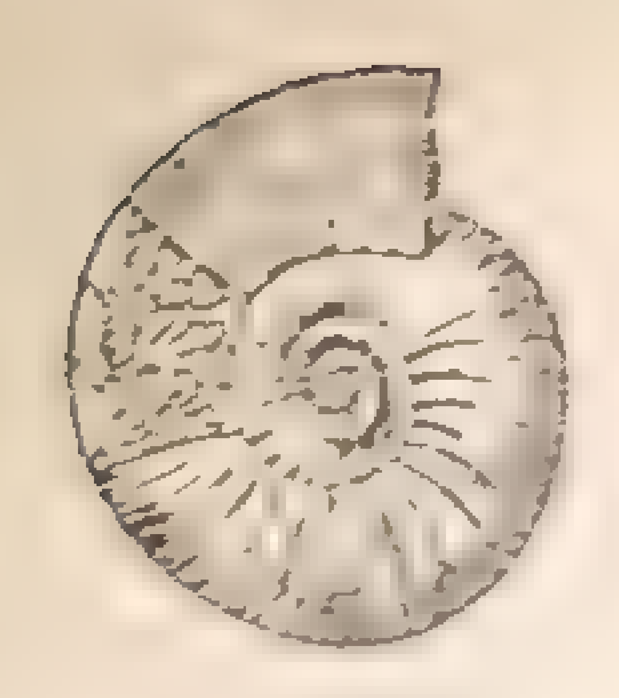
Первые млекопитающие, мелкие примитивные, напоминали современных сумчатых крыс, землероек и ежей. Их предками были зверозубые ящеры (стр. 83—84).

Млекопитающие имели четырехкамерное сердце и постоянную температуру тела, тогда как у других животных она была переменной. Эти особенности способствовали усилению обмена веществ и энергии, создав возможность вести деятельную жизнь в то время, когда пресмыкающиеся погружались в спячку. Млекопитающие обладали и другими преимуществами. Зародыши у них развивались внутри тела матери, после рождения [illegible] с потомством других животных истреблялись в меньшей степени. Вместе с постоянной температурой [illegible] лосяной покров

У современных [illegible] лись некоторые черты [illegible]

Первые птицы. В юрском перио[illegible] [illegible] птицы. [illegible] ной из зубчатых [illegible]

Считают, что [illegible] ров конца пал[illegible] на задних коне[illegible] группа ящеров дал[illegible] шуя видоизменилась [illegible] соблений к полету вместе с [illegible] веносной систем было тем кру[illegible], которое привело к возникновению птиц.



[illegible]

[illegible]

Вопросы и задания

[illegible]

§ 21. Органический мир в кайнозойскую эру

Господство покрытосеменных. [illegible] 60—70 млн. лет. Пер[illegible] — [illegible] ло 41 млн. лет; второй — неоген [illegible] тий — антропоген — насчитывает 1,5—2 [illegible]

стоящее время. В течение этой эры сформировались континенты и глубокие моря в их современном виде.

В палеогене покрытосеменные [illegible] материки, горы, пустыни, захватили и пресноводные [illegible]. Теплый климат благоприятствовал пышному развитию тропи[illegible]ой растительности. Даже далеко на севере произрастали вечнозе[illegible]ые леса. На острове Шпицберген нашли остатки бука, липы и бол[illegible]ариса, в Гренландии — остатки секвой. Широко была [illegible] кая флора.

Во второй половине палеогена начались [illegible] тельные процессы. На [illegible] Кавказа, Крыма, Альп, Карпат, Пиренеев, [illegible]. Высокие горные цепи отгородили нашу страну от [illegible] ников. С наступившим похолоданием, когда [illegible] реки, в преимущественном [illegible] оказались [illegible] ними листьями: клен, липа, ольха, тополь, дуб и др. Вечно[illegible] леса в значительной мере сменились листопадными. На огромных [illegible] странствах современной Сибири, Монголии и Северной Америки [illegible]кинулись травянистые степи, сменившие леса.

Происходила [illegible] форм в [illegible] условиях.

В конце [illegible] и начале антропогена ледники, сползавшие со [illegible] гор, [illegible] на своем пути все живое. У [illegible] могли [illegible] лишь [illegible] растения, давшие начало арктической флоре.

Только в [illegible] горных массивов СССР — на Черноморском побережье Кавказа, на Южном берегу Крыма, в [illegible], на берегах Каспийского моря и в Уссурийском крае — сохранились как бы заповедники тропической и субтропической растительности. У подножия гор, куда не добрался ледник, [illegible] наиболее [illegible] к холоду [illegible]. Они и составили в основном флору нашей стр[illegible], когда стаял ледник.

В антропогене пр[illegible]одит окончательное формирова[illegible] современного растительного мира.

Развитие беспозвоночных. Ш[illegible] брюхоногие и двустворчатые моллюски, [illegible] шее время. Раковина у них [illegible]лась [illegible] ганизмов. Большого развития достигли членистоногие [illegible], особенно насекомые. Многообразие их [illegible]ов (от 800 тыс. до 1 млн.) свидетельствует о широком расселении на Земле в разл[illegible] и господствующем их [illegible] беспозвоночных.

В развитии класса насекомых происходит ряд крупных ароморфозов. Особенно важную [illegible] развит[illegible] [illegible]йной системы, а также ротового аппарата [illegible] ко повысила активность [illegible] и вместе с развитием крыльев об[illegible] (стр. 82), но и широкое распространение [illegible] приспособлением широкого значения, [illegible]

мягкими, так и плотными [illegible] тканями. Из других [illegible] членененные конечности, твердый [illegible] нервную систему, развитие сложных [illegible] а также способности [illegible] рефлексов.

Проникая в различные среды [illegible] частных приспособлений [illegible] ных местообитаний [illegible]

Господство птиц и млекопитающих. [illegible] няли господствую[illegible] пера[illegible] ники [illegible] в холодные страны. Успешному развитию обеих групп помог[illegible] то, что [illegible] питающие — наземную, а птицы — воздушную и совместно водную [illegible]

От [illegible] ральной нервной [illegible] ние строения мозга было неразрывно связано с развитием высшей нервной деятельности, системы условных рефлексов, со все большим усложнением [illegible] определенным, резко очерченным внешним условиям (например, к жизни в лесу, в степи, в пустыне и т. п.). Оно давало [illegible] в [illegible]

[illegible] нощи [illegible] от рыб [illegible] обеспечивало [illegible] вом окисленной [illegible] ств и энергия и вся жизнедеятель[illegible] по сравнению с другими [illegible] лению многообразных [illegible] ральной нервной системы и органов чувств.

Вершиной развития [illegible] тающие. С поразительной быстротой [illegible] способления к различным [illegible] обитания — идиоадаптации. [illegible] объясняется не только тем, что [illegible] ваниями и отличались [illegible] нообразием природ[illegible] складывалось в результате горообразоват[illegible] деятельности, частых [illegible] туплений моря на [illegible] тических поясов и т. п.

С пышным развитием цветковых расте[illegible] чили новую и очень разнообразную по [illegible] составу кормовую базу. С этого времени начинается бурное раз[illegible] Цветковые [illegible] развитии птиц и на[illegible] секомых. В [illegible] чение в развитии цветковых растений. [illegible]



[illegible]

Среди [illegible]

[illegible]

Появление [illegible]

[illegible]

От [illegible]

[illegible] панзе, [illegible]

В [illegible] Появляется [illegible]

Вопросы и задания

1. Чем объяснить [illegible] в кайнозойскую эру? 2. [illegible] среди животных в кайнозойскую эру? 3. Какие ароморф[illegible] витии класса насекомых? 4. По геохронологичес[illegible] витие органического мира, начиная с ранних этапов жизни по антропоген.

Геохронологическая таблица[1]

Эры: Длительность в миллионах лет	Эры: Возраст в миллионах лет	Периоды и их длительность в миллионах лет	[illegible] мир
Кайнозойская (новой жизни) 60—70	60—70	Антропоген 1,5—2	П[illegible] в [illegible]. Живо[illegible] мир [illegible] со[illegible]
		Неоген 21—21,5	[illegible]
		Палеоген 41	[illegible] ных рыб[illegible]
Мезозойская (средней жизни) 173	240 ± 10	Меловой [illegible]	[illegible] млекопитающих и [illegible] птиц, хотя и зубастые птицы [illegible] распространены. Пр[illegible]дают костистые рыбы. [illegible] папоротников и голосе[illegible]. П[illegible] и распространение по[illegible]
		Юрский 58	[illegible]мыкающихся. Появление ар[illegible]. Пр[illegible] головоногих моллюсков. [illegible] голосеменных
		Триасовый 45	Начало расцвета пресмыкающихся. Появление первых [illegible]итающих. С[illegible]ых
Палеозойская (древней жизни) 330	возможно, равен 570	Пермский 45	[illegible]ся. В[illegible]. В[illegible]. П[illegible]
		Каменноугольный 55—75	Расцвет земноводных. В[illegible]. Появление летающ[illegible] [illegible] папоротникообраз[illegible]. П[illegible] папоротников

Эры		Периоды и их длительность в миллионах лет	[illegible]
Длительность в миллионах лет	Возраст в миллионах лет		
		Девонский 70—50	[illegible]
		[illegible]	[illegible] [illegible]еных водорослей; [illegible] водорослей
		[illegible]	[illegible] [illegible]озвоночные; широ- [illegible] [illegible]рилобитов, водорослей
Протерозойская (ранней жизни) 2000	2600 ± 100		[illegible] и малочисленны, [illegible] беспозвоночных. [illegible] хордовых — подтипа [illegible]
Архейская (самая древняя в истории земной коры) 900	возможно, равен 3500		Следы жизни незначи[illegible]. [illegible] органического происхождения указывают на [illegible] многоклеточных.

[1] [illegible] чинайте снизу—с архейской эры и последовательно переходите к более [illegible] рам и периодам. Современные радиоактивные методы позволяют определить [illegible] раст архея и протерозоя в пределах точности ± 50 — 100 млн. лет.

Глава V

Происхождение человека

Вопрос о пр[illegible] лю-
дей. На разных [illegible]
вечество [illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
промысел [illegible]

С появлением [illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]

С [illegible] сходстве в строении
человека [illegible] первое сообще-
ние [illegible] и о сходстве
их с человеком. [illegible] К. [illegible] искал
место человека [illegible] с полуобезь-
янами и обезьянами [illegible] а тем
более близость их в [illegible]
нет ли у них [illegible]
что человек произошел [illegible]
от лазанья по деревьям [illegible] пе-
редвижения привел к [illegible] освобождению рук и из-
менению стопы. Стадн[illegible] способствовал развитию речи.

С появлением в 1859 году [illegible] Ч. Дарвина «Происхождение ви-
дов» некоторые ученые-эво[illegible] и в Р[illegible]
странили учение об эволюц[illegible]
[illegible] яростные нападки [illegible]
[illegible] людей. В 1871 году [illegible]
[illegible] «Происхождение человека», в котором [illegible]
что человек представляет [illegible]
цепи развития живых [illegible]
ловекообразными обезьянами.

Движущей силой эволюции [illegible] Дарвин [illegible]
отбор. Благодаря [illegible]
и освободились руки. [illegible]
кое развитие [illegible]
образ жизни и труд. [illegible] Дарвин [illegible]
стал ведущим в процессе [illegible] в [illegible]
обезьян — в человеческое общество.

Эта проблема была раскрыта Ф. Энгельсом в работе «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека», опубликованной в 1896 году, хотя она была написана вскоре после выхода в свет «Происхождения человека» Ч. Дарвина. В то время наука располага[illegible] относительно ск[illegible] ис[illegible]копаемых предках человека. Поз[illegible] многочисленные находки кост[illegible] татков и орудий труда ископаем[illegible]дей блестяще подтвердили [illegible]вость теории Энге[illegible]

§ 22. Доказательства про[illegible] человека от животных

Общие черты строения человека и животных. Сравнение скелетов человека и других позвоночных, особенн[illegible] копитающих, убед[illegible] общие черты в их стр[illegible] ловы, скелет туловищ[illegible] ностей. В скелете коне[illegible] ка и животных [illegible] кости, хотя они различ[illegible] бой по форме и разви[illegible] относится к млекопитающим, та[illegible] имеет все признаки этого класс[illegible] риутробное развитие, диафра[illegible] ные железы, зубы трех родов (кор[illegible] ные, клыки, резцы), три [illegible] точки в среднем ухе и ушные ракови[illegible]

Рудименты и атавизмы у человека. Для доказательства животного прои[illegible]хождения человека, как и для доказательства исторического развития животных, особенно важны рудименты (стр. 60—61). Рассмотрим некоторые из них. Млекопитающие животные имеют хорошо развитые подкожные мышцы. У человека заметно выражена только лице-



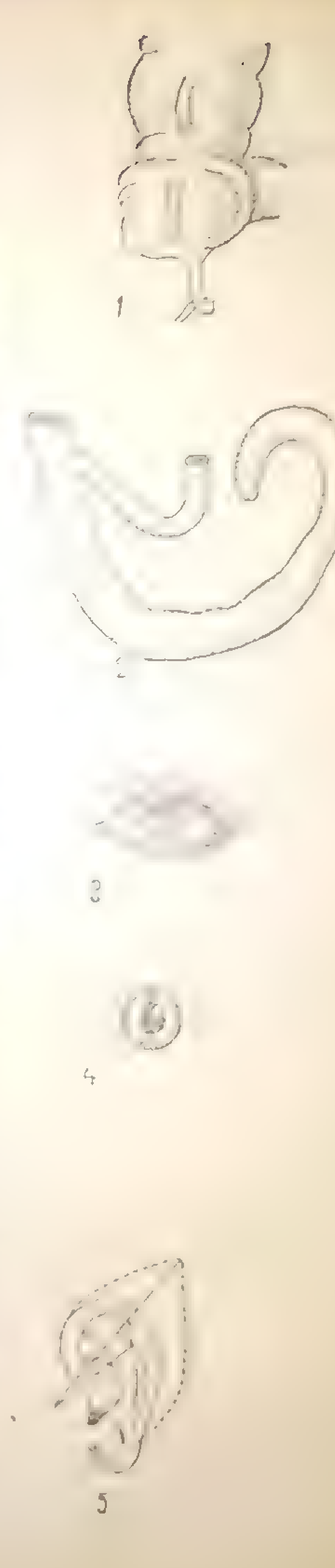
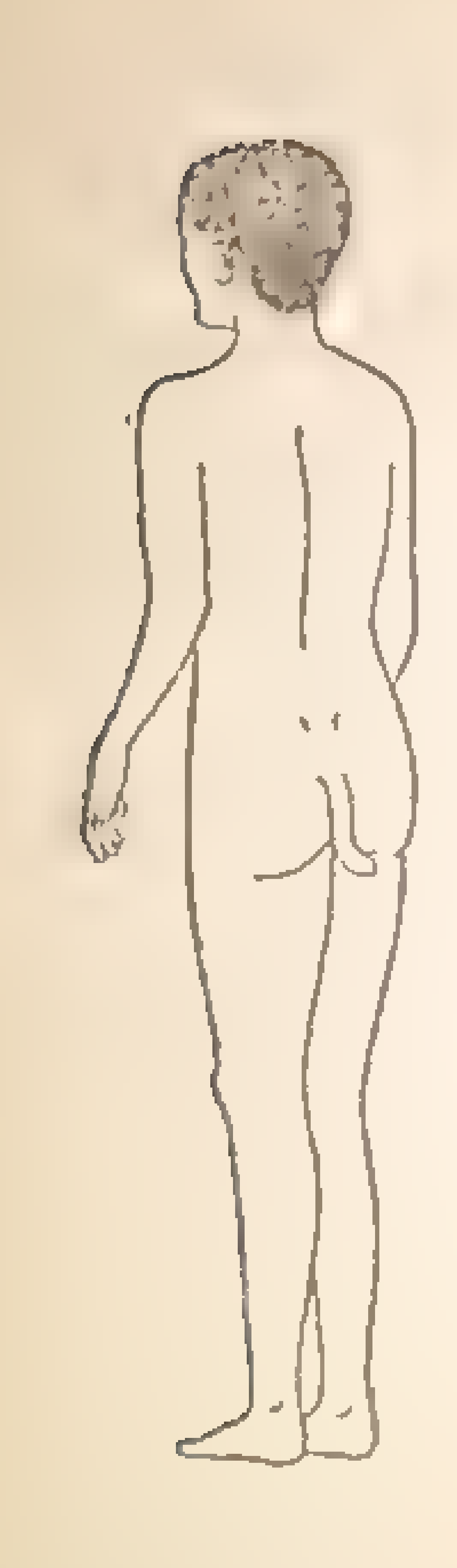


Рис. 5[illegible]. Рудименты [illegible]

Слепая кишка с червеобразным отростком: 1 — человека, 2 — копытного. Третье веко: 3 — человека; 4 — птицы. Ушная раковина: 5 — человека; пунктиром — о[illegible].





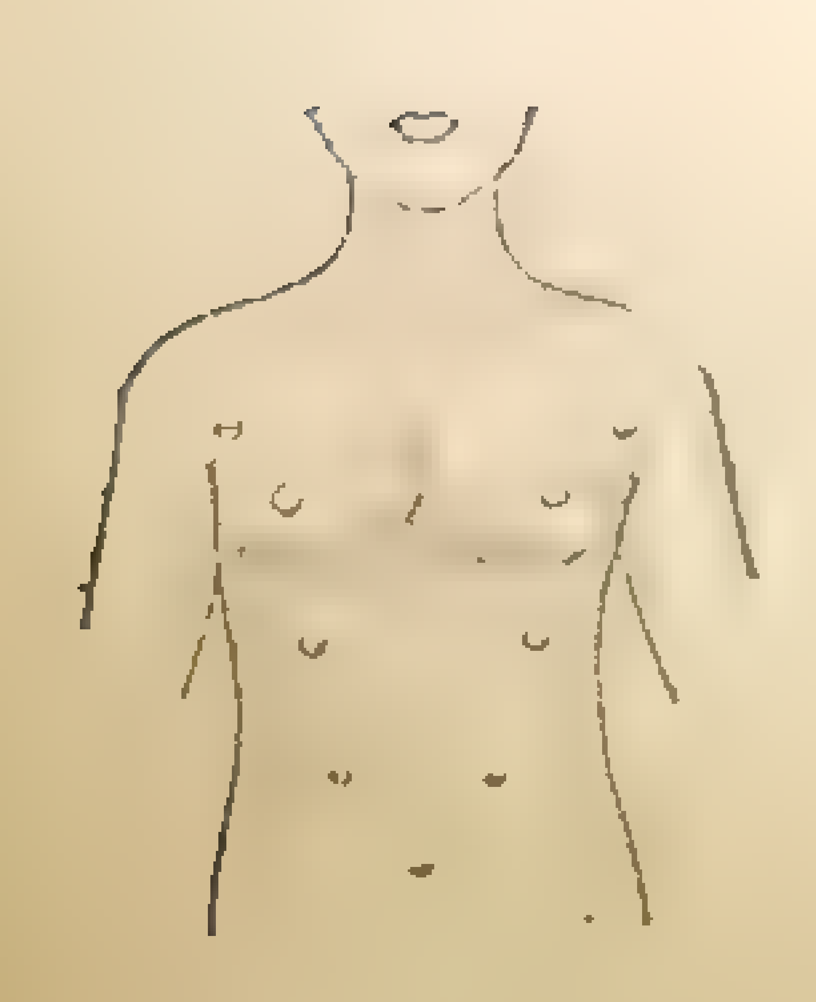


Рис. 59. Атавизмы человека.
Волосатый человек. Хвостатый мальчик. Многососковость у человека.

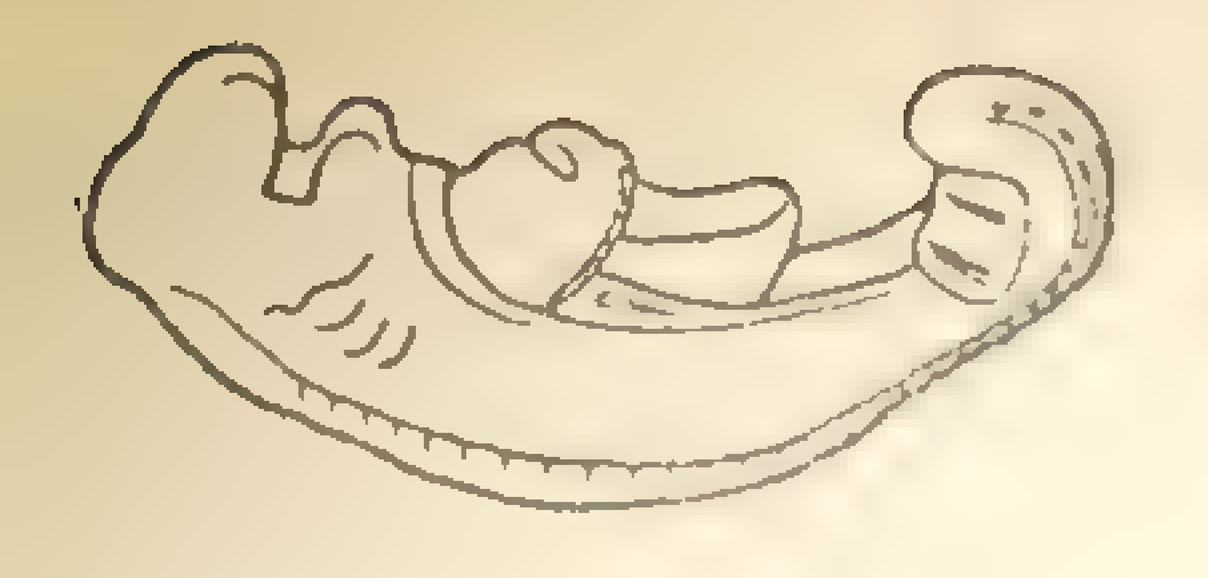
вая подкожная мускулатура, но на шее у него сохранилась подкожная мышца в виде рудимента. Среди мышц уха человека есть ненужные для него, но у животных такие мышцы играют заметную роль, когда они прислушиваются к звукам. Кожа человека покрыта незначительным количеством коротких мягких волосков — остатки сплошного волосяного покрова у наших обезьяноподобных предков. Копчик в скелете человека также рудиментарен: он состоит из четырех (реже пяти) недоразвитых, сросшихся между собой позвонков. Потерял свое первоначальное значение червеобразный отросток слепой кишки человека — аппендикс, который принимает участие в переваривании пищи у многих млекопитающих. Нередко третий коренной зуб, часто недоразвитый или даже отсутствующий. Во внутреннем углу глаза сохраняется рудимент третьего века, хорошо развитого у птиц, пресмыкающихся и некоторых других животных: рыб, земноводных. Рассмотрите эти рудименты на рисунке 58. Всего у человека насчитывают свыше девяноста рудиментов.

Бывают случаи рождения людей с атавизмами. Так, известны люди, родившиеся с хвостом, с густым волосяным покровом тела, с дополнительными сосками (рис. 59).

Все эти факты можно объяснить только животным происхождением человека.

Сходство в развитии зародышей человека и животных. Человек, как и все животные, начинает свое развитие с оплодотворенного яйца. Оно дробится, образуются ткани и [illegible] ням.

По многим признакам человеческий зародыш похож в дальнейшем на зародыши других позвоночных. У него закладываются жаберные щели, как у зародыша рыб (рис. 60), сердце сначала представляет собой трубку с пульсирую-



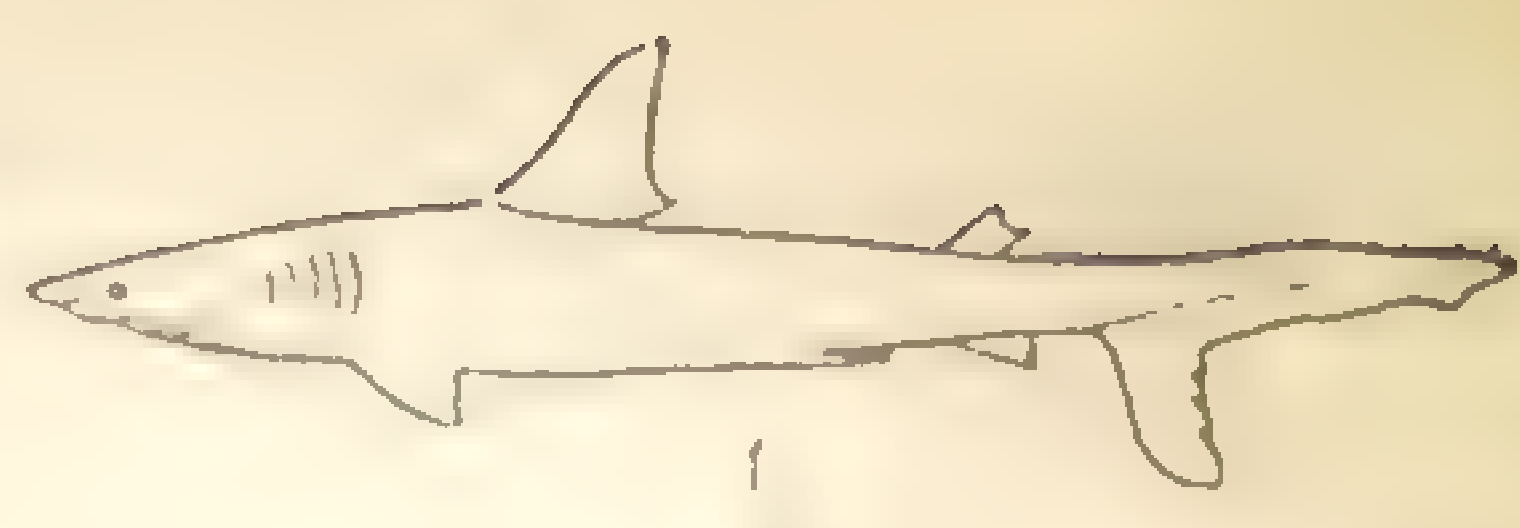




Рис. 61 [illegible] века [illegible] I.

1 — [illegible] ного, 3 [illegible] ного.

Мозг младенца — II

щими стенками, [illegible] дии развития [illegible] ходных.

В возрасте [illegible] дышам других [illegible] ков до десяти, [illegible] тается копчик. [illegible] углом к ним, [illegible] ноги длиннее [illegible] ходьбе

Мозг месячного [illegible] ных частей [illegible] другом, [illegible] лушария [illegible] рий появляются [illegible] ность мозга. Однако [illegible] минает мозг [illegible] зародышами [illegible] почти невозможно различить.

Человек и человекообразные обезьяны [illegible] гическим особ[illegible] ловекообразн[illegible] кие к ним гиббоны [illegible] Восточной Азии, гориллы и [illegible] падной Африки

Человекообразные обезьяны [illegible] они выражают чувства радости, гнева, [illegible] нышей, заботятся о них, [illegible] память, высокоразвитая высшая нервная деятельность.

Рис. 62. Человекообразные обезьяны:

1 — горилла; 2 — шимпанзе; 3 — орангутанг; 4 — гиббон.



Опытами по изучению высшей нервной деятельности чел[illegible]образных обезьян [illegible]новлено, что [illegible] ны пользоват[illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] (рис. [illegible]).

[illegible] условнорефлекторной [illegible] конкретным мышлением. [illegible] в [illegible] сознании лишь определенные, [illegible] предметы: палки, апельсины или груши [illegible] цать, мыслить отвлеченно от самих предметов, т. е. [illegible], обезьяны не в состоянии.

Человекообра[illegible] они могут ходить на задних конечностях [illegible] на руки. У них на пальцах ногти, а [illegible], 12—13 [illegible] ребер, [illegible]-6 крестцовых позвонков, количество [illegible] и [illegible] зубов такое же, как у человека.

В скелете [illegible] [illegible] ненное родство.

Однако между [illegible] шествует огромное различие. [illegible] труд, изготовление и применение орудий. [illegible] и подчиняется [illegible] законам. Человек имеет ряд анатомических [illegible] ностей. Только человек ходит [illegible] способлено к прямохождению. [illegible] сходства и отличия в скелете человека и обезьяны.





[illegible]

Объем человеческого мозга — около 1400—1600 *куб. см*, а человекообразной обезьяны — 600 *куб. см*. Поверхность коры полушарий головного мозга у человека в среднем равна [illegible], у человекообразной обезьяны она меньше примерно в 3,5 раза. [illegible] развиты мозговые борозды и извилины; большое ра[illegible] лобные и височные доли (рис. 65), с которыми свя[illegible]шие центры высшей умственной деятельности.

Люди облада[illegible]аря которой мо[illegible] наилучшим об[illegible] друг с другом, передавать и накапли[illegible]

[illegible]

[illegible] лого человека [illegible]

Каждый из видов че[illegible]езьян ближе к человеку по одним определен[illegible]м при[illegible] от него по другим. Так, горилла ближе к чел[illegible]веку по об[illegible]порциям тела, строению кисти, стопы, таза и некоторым дру[illegible]. Шимпанзе больше, чем горилла, подходит к челове[illegible]у по строению черепа, размерам конечностей. [illegible]

[illegible] разные ветви общего родословного ствола.

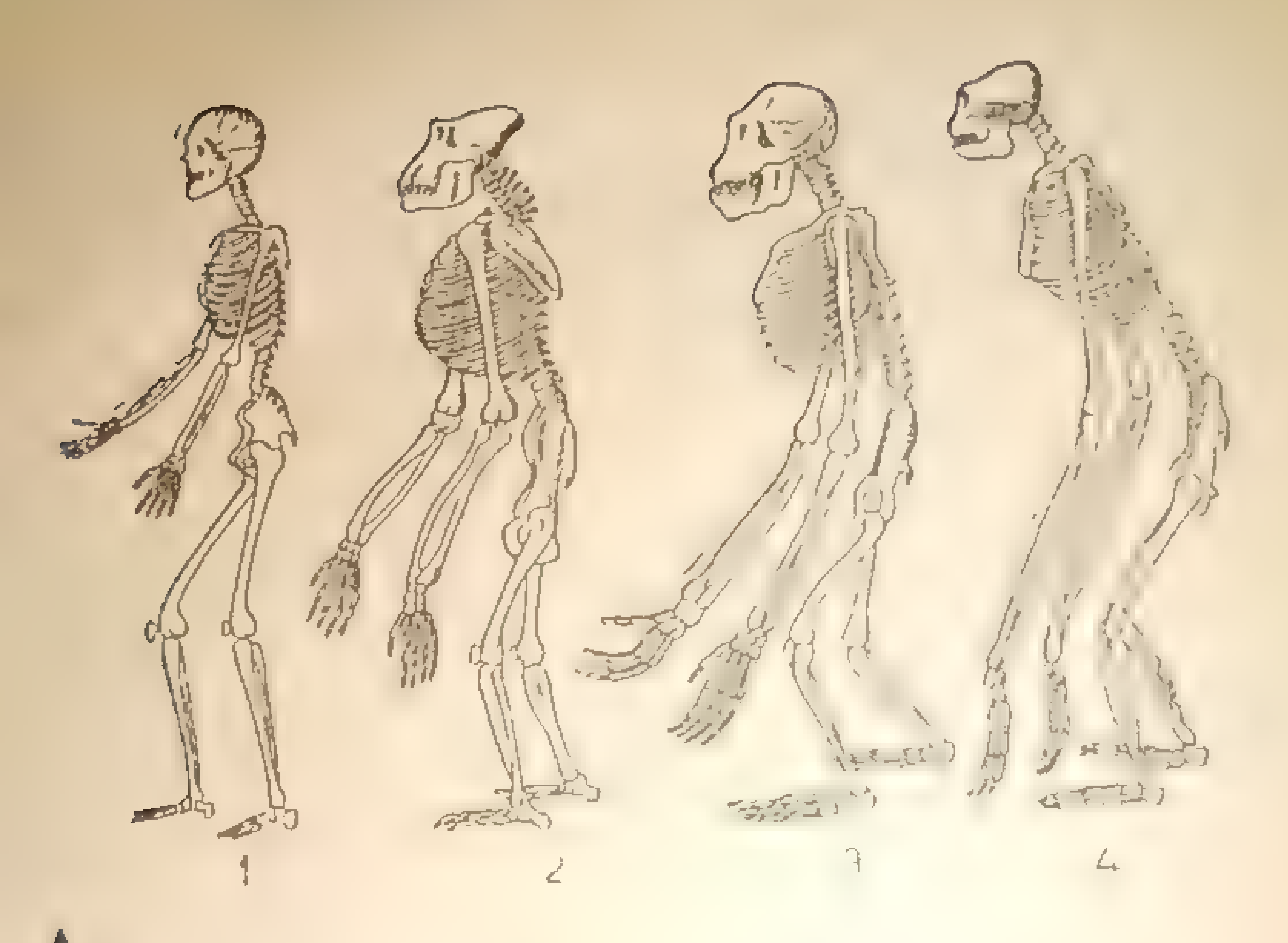




Рис. 64. Скелеты:

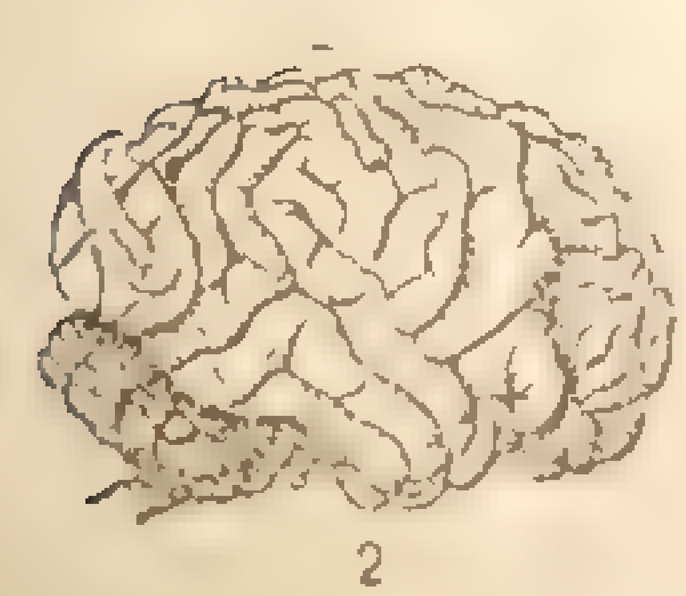
1 — человека; *2* — горил[illegible]; *3* — орангутанга; *4* — гибб[illegible].

Рис. 65. Мозг:

1 — орангутанга; *2* — [illegible]; *3* — человека.

▼







Вопросы и задания

1. К[illegible] доказывают происхож[illegible] животных? 2. Какие доказ[illegible]хождения человека от животных [illegible] наиболее важными? Почему? 3. Укажите [illegible] человека и человекообраз[illegible] обез[illegible]. 4. Ук[illegible] различия в строении [illegible]образной обезьяны. 5. В чем [illegible] высшей нервной деятельности [illegible]образной обезьяны? Как [illegible] различие?

§ 23. Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека

Труд создал человека. Тело человека замечательно приспособлено к трудовой деятельности, а также к прямохождению. Но вместе с тем и само прямохождение отличается высокой приспособленностью к труду. Человек — член общества и [illegible] законам его [illegible]. Для [illegible] общества характер[illegible] основной признак — труд [illegible]. Все достижения материальной и духов[illegible] культуры человечества — результат труда многих и многих поколений.

Если животные только пользуются дарами природы, то человек изменяет ее с помощью труда. Изготовление ору-

дий труда, применение их и складывающиеся в человеческом обществе производственные отношения — совершенно новые факторы, каких не может быть среди животных.

Труд начинается с [illegible] орудий труда. Труд, по словам Энгельса, «первое основное [illegible] жизни и притом в такой степени, что мы в [illegible] труд создал самого человека [illegible]

Первый шаг от обезьяны [illegible] были [illegible] яны. Они [illegible] плодами, [illegible] лазая по [illegible]

В [illegible] земного [illegible]

Совсем [illegible] способиться [illegible] Им пришлось [illegible] были [illegible] личались [illegible] чествами, [illegible] го отношению [illegible] обезьяны [illegible] жающих условиях, [illegible] стереоскопическ[illegible] женным [illegible] *развитие* [illegible] современных [illegible] передвигались по деревьям [illegible] ногами, [illegible] строили [illegible]

Высокоразвитая ориентировочная деятельность и ра[illegible]ний между передними и задними конечностями были су[illegible] предпосылками к дальнейшему морфо-физиологическ[illegible] обезьян при переходе их в новую среду — на отк[illegible] пространства с далеким и широким горизонтом. В [illegible] прямохождение [illegible] В организации [illegible] крупных [illegible] походки. Вертикальное [illegible] тела обезьян. Так, [illegible]



изгиб позвоночного столба, придававший ему гибкость; образовалась сводчатая пружинящая стопа; расширился таз, упрочился [illegible] челюстной аппарат стал более легким и т. д.

Прямохождение установилось не сразу. Это был весьма длительный процесс, который предположительно длился миллионы лет.

Замечательным изменением было и освобождение руки от функции хождения. Решающий шаг от обезьяны к человеку, по мнению Ф. Энгельса и ранее Ч. Дарвина, заключался в [illegible]

Возникновение этих изменений невозможно объяснить одним естественным отбором. Ведь все прямостоящие обезьяны вымерли, за исключением только той ветви, которая привела к человеку. Ни для одной из современных человекообразных обезьян прямохождение не служит основным способом передвижения по земле.

Морфофизиологические преобразования у наших обезьяноподобных предков не были чисто биологическими ароморфозами, [illegible] гих животных. Этим преобразованиям подверглась лишь [illegible] человекообразных обезьян, которая и привела к человеку. Следовательно, изменения, которые она претерпела, правильнее будет [illegible] антропоморфозами, так как вызвавшие их факторы были специфичны только для эволюции человека.

Каковы же те факторы, которые вызвали антропоморфозы?

Ф. Энгельс указал, что факторами превращения обезьяны в человека были развитие общественного образа жизни, превращение руки в орган, производящий орудия труда, и возникновение членораздельной речи.

Рука — орган и продукт труда. Благодаря прямохождению у обезьяноподобных предков руки освободились от необходимости поддерживать тело при передвижении по земле и приобрели способность к вращательным движениям. Руки получили возможность метать камни и сучья для защиты [illegible], сбивать плоды, выкапывать подземные съедобные части растений, [illegible] орудия [illegible] обезья[illegible] превратились благодаря [illegible] в существа грозные для других животных, так как получили преимущества перед ними. Руки стали [illegible] особым органом защиты и нападения, действующим на [illegible] с помощью различных предметов.

В начале процесса формирования [illegible] была слаборазвитой и могла производить лишь [illegible] я. Особи с [illegible] верхних конечностей, [illegible] ми при защите и нападении, а также пользовавшиеся для [illegible] сохранились естественным отбором, [illegible] большое значение. Но прошли [illegible] рука обезьяны превратилась в руку [illegible] гельс писал, что рука не только орган труда [illegible]

Различие между рукой человека и рукой [illegible] ян огромно: ни одна обезьяна [illegible] наиболее простой каменный нож. [illegible] время для того, чтобы наши обезьяноподобные предки [illegible]

пользования предметов окру[illegible] природной [illegible] ору-
дий к их изготовлению.

Развитие общественности у наших обезьяноподобных предков. Труд начался с изготовления [illegible] или топора из камня. [illegible] так как [illegible] правильно было бы [illegible] существа в природе, [illegible]

Стадность [illegible] ность под действием [illegible] тесно связанной с [illegible]

Труд [illegible]

[illegible]

Возникновение [illegible]

[illegible]

ка роль ве[illegible]

Значение разнообразной пищи [illegible] ли более разнообразную растительную [illegible] по сравн[illegible] которой они питались при жизни на деревьях. [illegible] [illegible] приручение животных [illegible] мяса и дало новый продукт [illegible]

Обработанная и приготовленная на огне, [illegible] пища уменьшала нагрузку на жевательный аппарат. [illegible] гребень, к которому у обезьян прикрепляются мощные жевательные мышцы, [illegible] бесполезным и постепенно исчез. [illegible] Переход от растительной [illegible]

Применение огня [illegible] отпугивать зверей, [illegible] обеспечило нашим [illegible]

Возникновение социальных закономерностей. [illegible] копки показывают, что [illegible] раз жизни. Коллективная [illegible] вместно производимые [illegible] ложившиеся трудовые [illegible] для изготовления орудий [illegible] зация и жесты, мимика [illegible] органов чувств.

Развитие [illegible] ло в то же время [illegible] Все полнее [illegible] осуществлялась [illegible] в трудовом опыте. Только в обществе могли [illegible] мышления, свойственные человеку.

Так обезьяноподобные [illegible] благодаря труду вступили на особый путь [illegible] на основе новых законов — законов [illegible] общества, [illegible] К. Марксом и Ф. Энгельсом. Люди [illegible] отношения между собой; труд их [illegible] более [illegible]образным.

Они уже занимались [illegible], охотой, рыбной ловлей, но и земледелием, [illegible] животных. Появились отрасли труда, связанные [illegible] быта: прядение, ткачество, гончарное дело, обработка металлов и т. п. Возникли [illegible] ля, искусство, религия, наука. [illegible] образовались нации и государства.

Вопросы и задания

1. Расскажите о факторах превращения обезьяны в человека. 2. [illegible] титься в человека [illegible] мете слова Ф. Энгельса [illegible] она также и продукт [illegible]

§ 24. Палеонтологические доказательства происхождения человека

Общие предки человека и человекообразных обезьян. [illegible] вых мелких млекопитающих [illegible] **скую эру обособилась группа таких животных, [illegible] ни острыми зубами и когтями, ни крыльями, [illegible] и на земле, и на деревьях,** питались плодами [illegible] **к полуобезьянам, [illegible] группы и взяли начало ветви,** которые **повели** [illegible] **янам и человеку.**

На странице 97 указано, что [illegible] обезьянами, от которых ведут начало предки [illegible] парапитеков. Эти древние малоспециализированные [illegible] две ветви: одна привела к совре[illegible] гиббонам и орангутангам, другая — к дриопитекам, вымершим [illegible] человекообразным обезьянам. Дриопитеки подверглись ди[illegible] влениях: одна ветвь повела к шимпанзе [illegible] ья — к человеку.

[illegible] пространс[illegible] планете Земля.

Каковы [illegible] нейшие люд[illegible] но представ[illegible] ских обезьян — [illegible] Эта группа обита[illegible] поэтому не может сч[illegible]

Австралопитеки ж[illegible] ых пространствах, были дву[illegible] знали [illegible]

В начале шестидесятых годов нашего столетия английский ученый Луис Ли[illegible] точная Африка), нашел обломки черепов, кости кисти, стопы, голени, ключицы [illegible] нию стопы и кисти были несколько ближе к человеку, чем австралопитеки [illegible] Морфологически [illegible] Отличие состояло в возникновении первых проблесков сознания, связанных с приспособлением к употреблению природных предметов в качестве орудий, что подготавливало переход к их изготовлению.

Предполагают, что пр[illegible] людей был близкий к африканским австралопите[illegible] кообразных обезьян, у которых на[illegible] й изменчивости в процессе естественного отб[illegible] обность часто и разнообразно использовать [illegible] стве орудий.

В процессе [illegible] следует различать три стадии, или фазы: *1) древне[illegible] древние люди и 3) первые современные люди.*

Древнейшие люди. [illegible] обезьян к человеку [illegible] совмещавших черты [illegible] Считают, что они [illegible] на лет назад.

Питекантроп означает в переводе «обезьяночеловек» (рис. 66). Его остатки впервые были обнаружены [illegible] Дюбуа в 1891 году на о. Ява. Питекантроп ходил на двух [illegible] ка наклоняясь вперед и, возможно, [illegible] около 170 *см*, черепная коробка [illegible] ны, как у современного [illegible] толстых костей. [illegible] покатый, над [illegible] давались вперед, [illegible]

Питекантропы [illegible] в тех же слоях, что и [illegible] сомненно, что [illegible] сучья. [illegible]

Возникновение [illegible] га. Ч. Дарвин [illegible] рому развитию [illegible] сделало [illegible] речи. [illegible] Ф. Энгельс, [illegible] по раздельных [illegible]

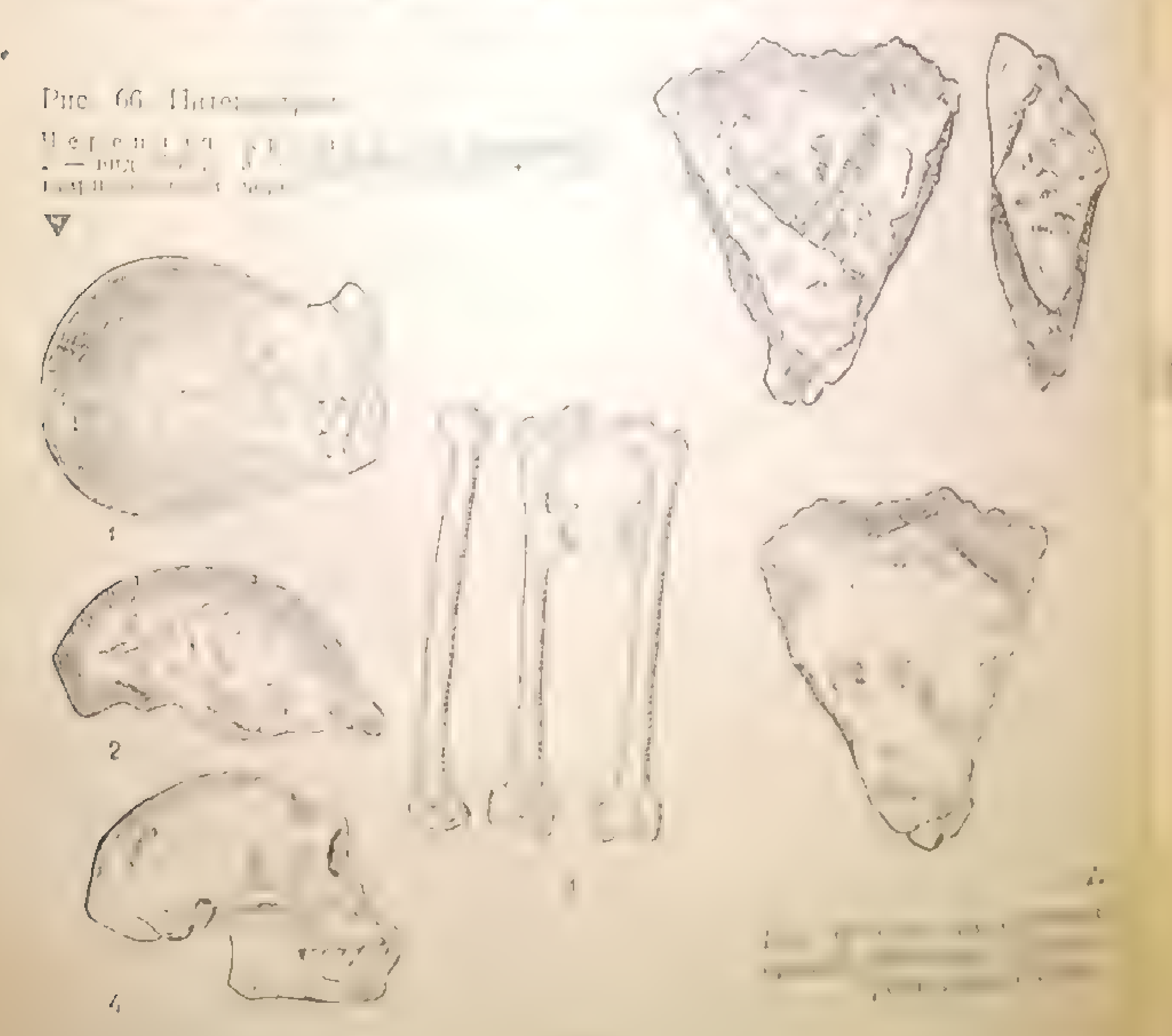


Рис. 66. [illegible]

Интересны находки **с и н а н т р о п а** — китайского человека, жившего несколько позднее питекантропа. Его остатки найдены в 1927—1937 годах недалеко от Пекина.

Внешне синантроп во многом напоминал питекантропа: лоб низкий, с развитым надбровным валиком, массивная нижняя челюсть, зубы крупные, подбородочный выступ отсутствовал.

Однако синантропы были более развитыми существами. Объем их мозга колебался от 850 до 1220 *куб. см*; левая доля мозга, где расположены двигательные центры правой стороны тела, была несколько большая по сравнению с правой долей. Следовательно, правая рука у синантропов отличалась уже более сильным развитием, чем левая. Синантропы добывали и умели поддерживать огонь, одевались, видимо, в шкуры. В раскопках были обнаружены мощный слой золы, обуглившиеся сучья, грубые орудия из камня и трубчатые кости разных животных, оленьи рога со следами обжигания и обработки, черепа крупных животных. Орудия делались из камней, костей, рогов (рис. 67).

В 1907 году близ г. Гейдельберга в Германии (на современной территории ФРГ) была найдена нижняя очень массивная челюсть, без подбородочного выступа, но с зубами, как у человека (рис. 68). Обладателя этой челюсти назвали **г е й д е л ь б е р г с к и м** человеком. Питекантропа и синантропа считают двумя видами первого подрода — обезьянолюдей (род людей): питекантроп прямоходящий и пекинский синантроп. Они являются представителями первой начальной стадии превращения обезьяны в человека, по выражению Ф. Энгельса, это «формировавшиеся» люди. От них произошли представители второй стадии очеловечения — неандертальцы. Гейдельбергского же человека одни исследователи относят к древнейшим людям, а другие — к древним.

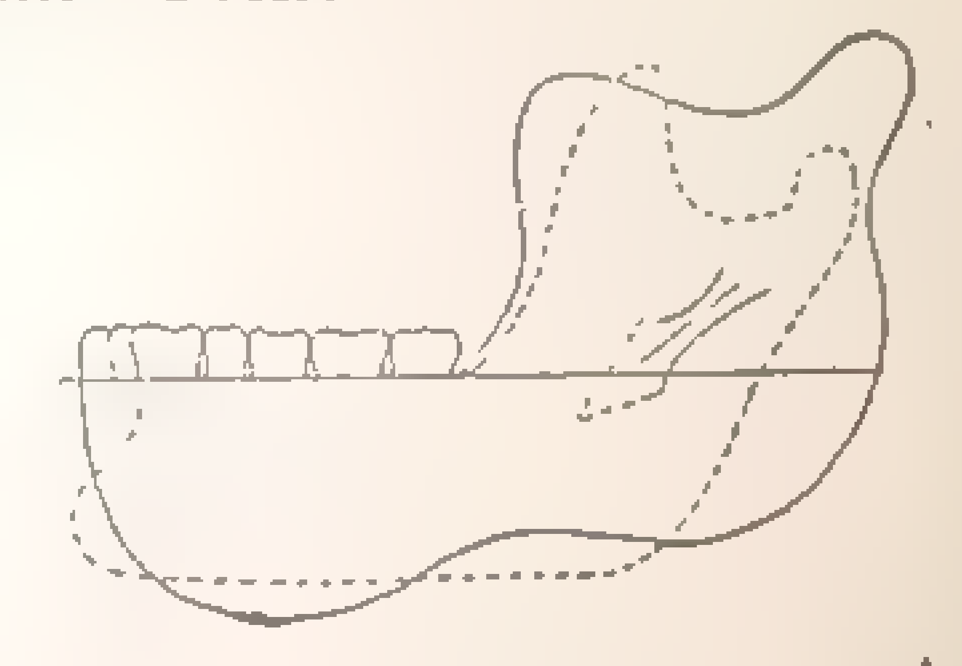


Рис. 68. Нижняя челюсть гейдельбергского человека. Для сравнения пунктиром обозначена нижняя челюсть современного человека.

Древние люди. В самых нижних слоях пещерных отложений Европы, Азии и Африки были обнаружены целые костяки взрослых и детей **н е а н д е р т а л ь ц е в** (названных по имени места находки в 1856 году — долины реки Неандер в Германии на

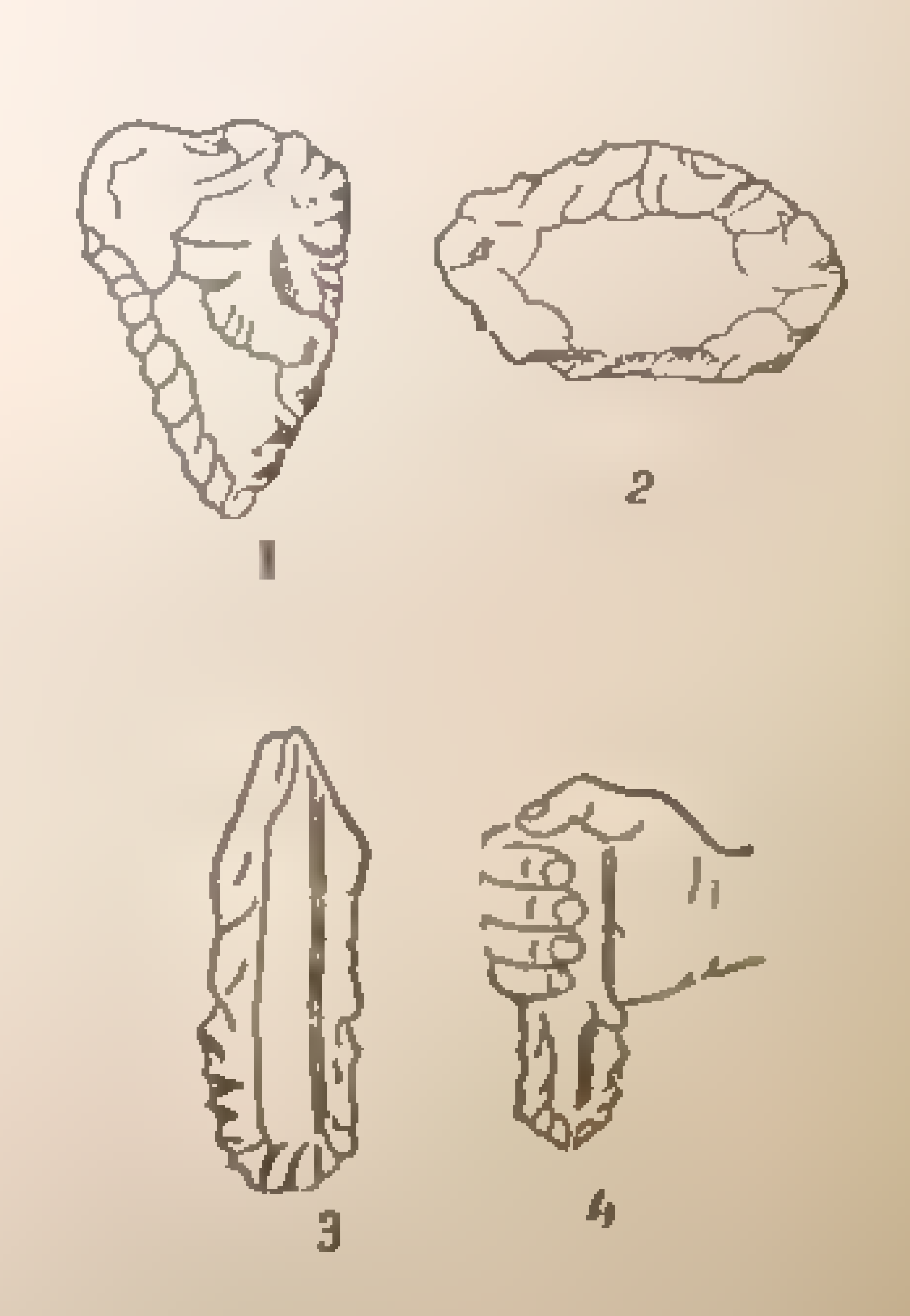


Рис. 69. Примитивные каменные орудия первобытного человека:

1 — остроконечник; *2* — скребло; *3* — резец; *4* — способ пользования каменным резцом.

современной территории ФРГ). В СССР останки неандертальцев обнаружены на юге Узбекистана и в Крыму. Первые поселения неандертальцев относятся ко времени 400—550 тыс. лет назад.

Неандертальцы были ниже нас ростом, коренастые (мужчины в среднем 155—158 *см*), ходили несколько согнувшись. У них был еще низкий скошенный лоб; у основания его нависали сильно развитые надбровные дуги, нижняя челюсть без подбородочного выступа или со слабым развитием его. Объем мозга приближался к мозгу человека — около 1400 *см*, но извилин мозга было меньше. Изогнутость позвоночника в поясничной области у них была меньшая, чем у современного человека. Они жили в тяжелых условиях наступления ледников, в пещерах, где постоянно поддерживали огонь. Питались растительной и мясной пищей. Неандертальцы владели каменными и костяными орудиями (рис. 69). Видимо, у них были также и деревянные орудия.

Судя по строению черепа и лицевых костей, ученые полагают, что при общении между собой неандертальцы пользовались жестами, нечленораздельными звуками и зачаточной членораздельной речью. Они жили группами, по 50—100 человек вместе. Мужчины охотились на зверей; женщины и дети собирали съедобные корни и плоды; старшие, более опытные, изготовляли орудия. Неандертальцы одевались в шкуры и пользовались огнем. Неандертальцев считают видами, относящимися ко второму подроду — древним людям (род людей). Они предки первых современных людей — кроманьонцев.

Первые современные люди. Найдено большое количество находок скелетов, черепов и орудий первых современных людей — **к р о м а н ь о н ц е в** (по названию местечка Кроманьон на юге Франции), живших 100—150 тыс. лет назад. Останки кроманьонцев обнаружены и в СССР (к югу от г. Воронежа, на правом берегу Дона).

Кроманьонцы ростом были до 180 *см*, с высоким прямым лбом и объемом черепной коробки до 1600 *куб. см*; сплошной надглазничный валик отсутствовал. Развитый подбородочный выступ указывал на хорошее развитие членораздельной речи (рис. 70).

Кроманьонцы жили в землянках, пещерах с разрисованными стенами. Орудия из рога, кости, кремня очень разнообразны, украшены резьбой. На стенах жилищ изображались эпизоды охоты, священные пляски, люди и божества. Рисунки сделаны охрой и другими земельными красками или нацарапаны. Кроманьонцы одевались в одежды из шкур, сшитые костяными и кремневыми иглами. Техника изготовления и отделка орудий труда и предметов быта много совершеннее, чем у неандертальцев. Человек уже умел шлифовать, сверлить, знал гончарное дело (рис. 71). Он приручал животных и делал первые шаги в области земледелия. Кроманьонцы жили родовым обществом (табл. VI).

Кроманьонцы и современные люди образуют вид Homo sapiens — **ч е л о в е к р а з у м н ы й**, относящийся к третьему подроду — новым людям (род людей).

Так, поднявшись от животного мира, наши предки в результате сложного и длительного процесса становления человека превратились

в людей современного вида. *Ведущими и определяющими стали социальные факторы и законы.* В этом качественное своеобразие эволюции человека по сравнению с эволюцией животных.

Наследственная изменчивость и естественный отбор среди людей и теперь имеют место, но на основе развивающегося знания и социального переустройства человек учится управлять биологическими законами, предупреждать вредные проявления и усиливать полезные.

Вопросы и задания

1. Докажите, что р [illegible] ние в его происхождении труда как главного [illegible] 2. [illegible] превращения обезьяны в человека [illegible] ведущего фактора эволюции? 3. [illegible] 4. В [illegible] отличие кроманьонцев от неандертальцев?

25. Единство происхождения человеческих рас

Путь развития всего человечества был единым — через труд, через организацию и развитие общества. Когда люди достигли определенной приспособленности к прямо[illegible] и трудовой деятельности эволюция их физическ[illegible] свелась к эволюции

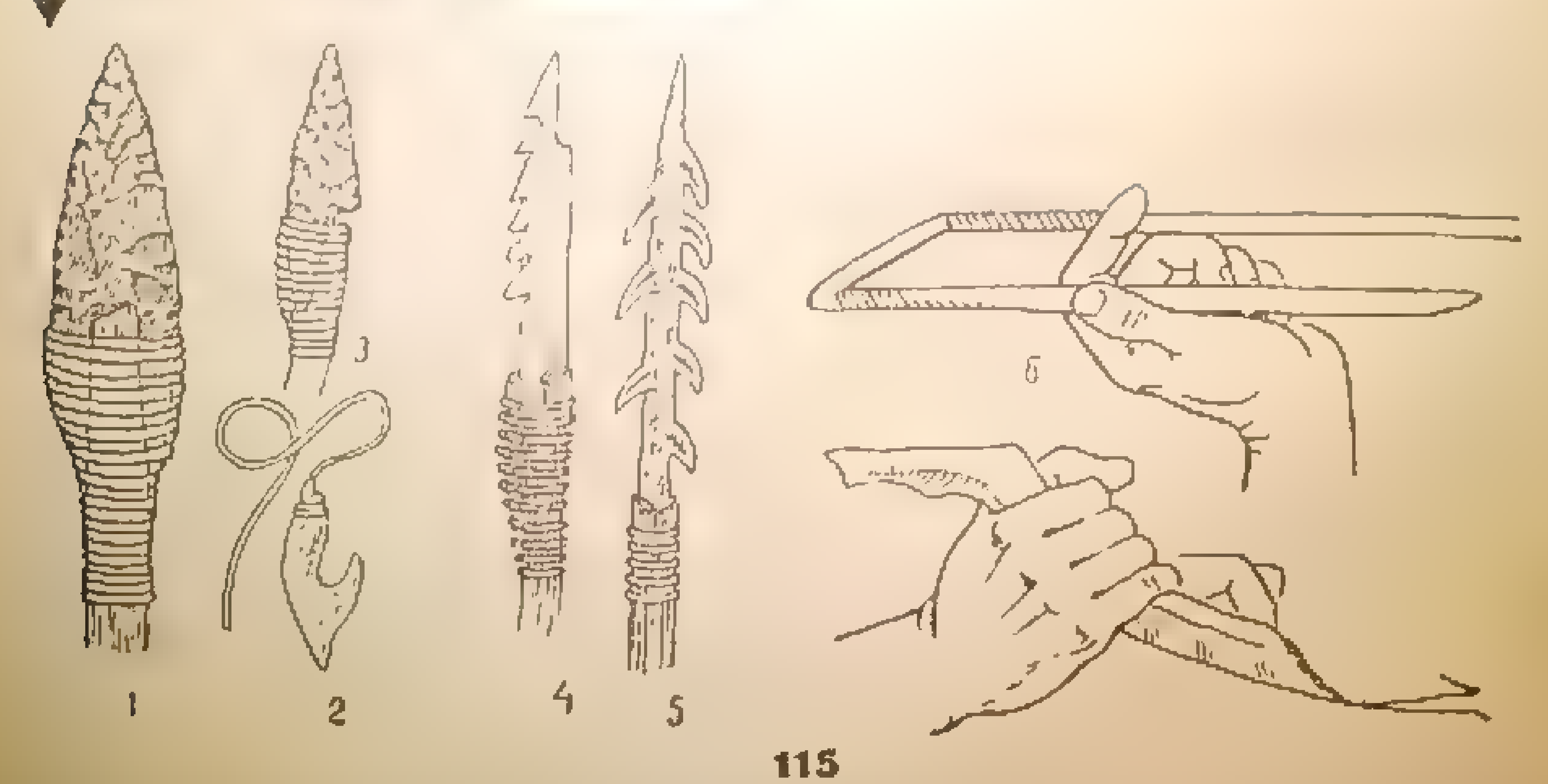


Рис. 70. Черепа ископаемых людей:

1 — питекантропа; *2* — синантропа; *3* — неандертальца; *4* — кроманьонца.

Рис. 71. Орудия кроманьонского человека:

1 — наконечник на деревянной рукоятке, *2* — костяной крючок; *3* — [illegible] наконечник; *4*, *5* — [illegible]; *6* — [illegible]



мелких второстепенных признаков. По этой причине в настоящее время на Земле обитает один вид человека. На принадлежность к одному виду указывает единство строения у всех людей мозга, стопы, руки, т. е. ведущих признаков, обусловленных человеческим путем развития, а также легкая скрещиваемость и плодовитость.

Человечество образует несколько групп, давно получивших название рас. Европейские народы принадлежат к европейской расе. Некоторые народы Азии и Америки относятся к монголоидной расе (монголы, буряты, китайцы и др.). Большинство африканских народов составляют негроидную расу. *Все расы стоят на одном биологическом уровне.* Различия между ними заключаются в особенностях цвета кожи, волос, глаз и т. п. Такие различия возникли когда-то у разных групп людей, живших в разнообразных природных условиях. Например, темная пигментация кожи могла возникнуть как защитное приспособление организма против ярких лучей солнца в африканских странах. С развитием социальных отношений обособленность человеческих рас и морфологическое отличие между ними уменьшаются в результате смешанных браков.

В буржуазных странах получила распространение так называемая «расовая теория». Сущность ее состоит в утверждении, что человеческие расы якобы неравноценны: одни — «высшие», другие — «низшие». Расисты считают, что причина экономической и культурной отсталости некоторых народов объясняется в их «расовой биологической неполноценности».

Расисты не признают единства происхождения рас. По их мнению, европеоидная раса произошла от неандертальца, монголоидная — от синантропа, а негроидная ведет начало от австралопитека; между тем хорошо известно, что неандерталец был распространен во всем Старом Свете.

Ложная теория о делении рас на «высшие» и «низшие» направлена к оправданию империалистических войн, колониальной политики и расовой дискриминации. Фашисты гитлеровской Германии считали, что только немцы принадлежат к «высшей» расе, все же другие народы относятся к «низшим», неполноценным.

Не расовые отличия, а колониальная политика империалистических стран, угнетение одних народов другими — вот причина отсталости некоторых народов в экономическом и культурном отношении. Наилучшим доказательством этого положения является расцвет экономики и культуры всех национальностей (свыше ста) в СССР после Великой Октябрьской социалистической революции.

Освобождение многих стран Азии, Африки и Латинской Америки от колониальной зависимости и угнетения, происшедшее за последние годы, показывает, как быстро идут народы этих стран по пути цивилизации и развития своей экономики.

Вопросы и задания

1. Какие доказательства говорят о принадлежности всех человеческих рас к одному виду? 2. Что такое «расовая теория» и в чем ее реакционная сущность?

Раздел II

КЛЕТКА И ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМОВ

Глава VI

Учение о клетке

Большинство живых организмов, населяющих нашу планету, имеет клеточное строение, и их инди[illegible]чается из одной клетки. Поэтому клетка пр[illegible]ую единицу строения и развития всех су[illegible] растительных и животных организмов. Однако [illegible] известна большая группа неклеточных су[illegible] проще, чем строение клетки. В настоящее время наука о клетке — **цитология** («цитос» — клетка, [illegible] — наука, [illegible]) — [illegible] исключительно большим материалом о стр[illegible] клеток, об их химическом составе. О[illegible] с современным состоянием знаний о клетке, а также и о [illegible] формах организмов составляет основную задачу данной главы.

§ 26. Изучение клетки

История изучения клетки. Огромное большинство клеток имеет микроскопически малые размеры и не может быть рассмотрено невооруженным глазом. Увидеть клетку и начать ее изучение оказалось возможным лишь тогда, когда был изобретен микроскоп. Первые микроскопы появились в начале XVII столетия. Для научных исследований микроскоп впервые применил английский ученый Роберт Гук (1665). Рассматривая под микроскопом тонкие срезы пробки, он увидел на них многочисленные мелкие ячейки. Эти ячейки, отделенные друг от друга плотными стенками, Гук назвал клетками, применив впервые термин «клетка».

В последующий период времени, охвативший вторую половину XVII столетия, весь XVIII век и начало XIX века, шло усовершенствование микроскопа и накапливались знания о клетках животных

и растительных организмов. К середине XIX столетия микроскоп был уже значительно усовершенствован и стало многое известно о клеточном строении растений и животных. Основные материалы о клеточном строении растений в это время были уже собраны и обобщены немецким ботаником М. Шлейденом.

Все полученные знания о клетке послужили основой для создания клеточной теории строения организмов, которая была сформулирована в 1838 году немецким зоологом Т. Шванном. Изучая клетки животных и растений, Шванн обнаружил, что они сходны по своему строению, и установил, что клетка представляет собой общую элементарную единицу строения животных и растительных организмов. Теорию о клеточном строении организмов Шванн изложил в классической работе «Микроскопические исследования о соответствии в строении и росте животных и растений».

В начале прошлого столетия знаменитый ученый, академик Российской Академии наук Карл Бэр открыл яйцеклетку млекопитающих и показал, что все организмы начинают свое развитие из одной клетки. Эта клетка представляет собой оплодотворенное яйцо, которое дробится, образует новые клетки, а из них формируются ткани и органы будущего организма.

Открытие Бэра дополнило клеточную теорию и показало, что *клетка не только единица строения, но и единица развития всех живых организмов.*

Чрезвычайно существенным дополнением к клеточной теории было и открытие деления клеток. После открытия процесса клеточного деления стало совершенно очевидно, что новые клетки образуются путем деления уже существующих, а не возникают заново из неклеточного вещества.

Теория клеточного строения организмов включает также важнейшие материалы для доказательства единства происхождения, строения и развития всего органического мира. Ф. Энгельс высоко оценил создание клеточной теории, поставив ее по значению рядом с законом сохранения энергии и теорией естественного отбора Ч. Дарвина.

К концу прошлого столетия микроскоп был усовершенствован настолько, что стало возможным изучение деталей строения клетки и были открыты основные ее структурные компоненты. Одновременно стали накапливаться знания об их функциях в жизнедеятельности клетки. К этому времени и относится появление цитологии, которая в настоящее время представляет собой одну из наиболее интенсивно развивающихся биологических дисциплин.

Методы изучения клетки. Современная цитология располагает многочисленными и часто довольно сложными методами исследования, которые позволили установить тонкие детали строения и выявить функции самых разнообразных клеток и их структурных компонентов. Исключительно большую роль в цитологических исследованиях продолжает играть световой микроскоп (рис. 72), который в наши дни представляет собой сложный, совершенный прибор, дающий увеличение до 2500 раз. Но и столь большое увеличение далеко не достаточ-

Рис. 72. Современный световой микроскоп.

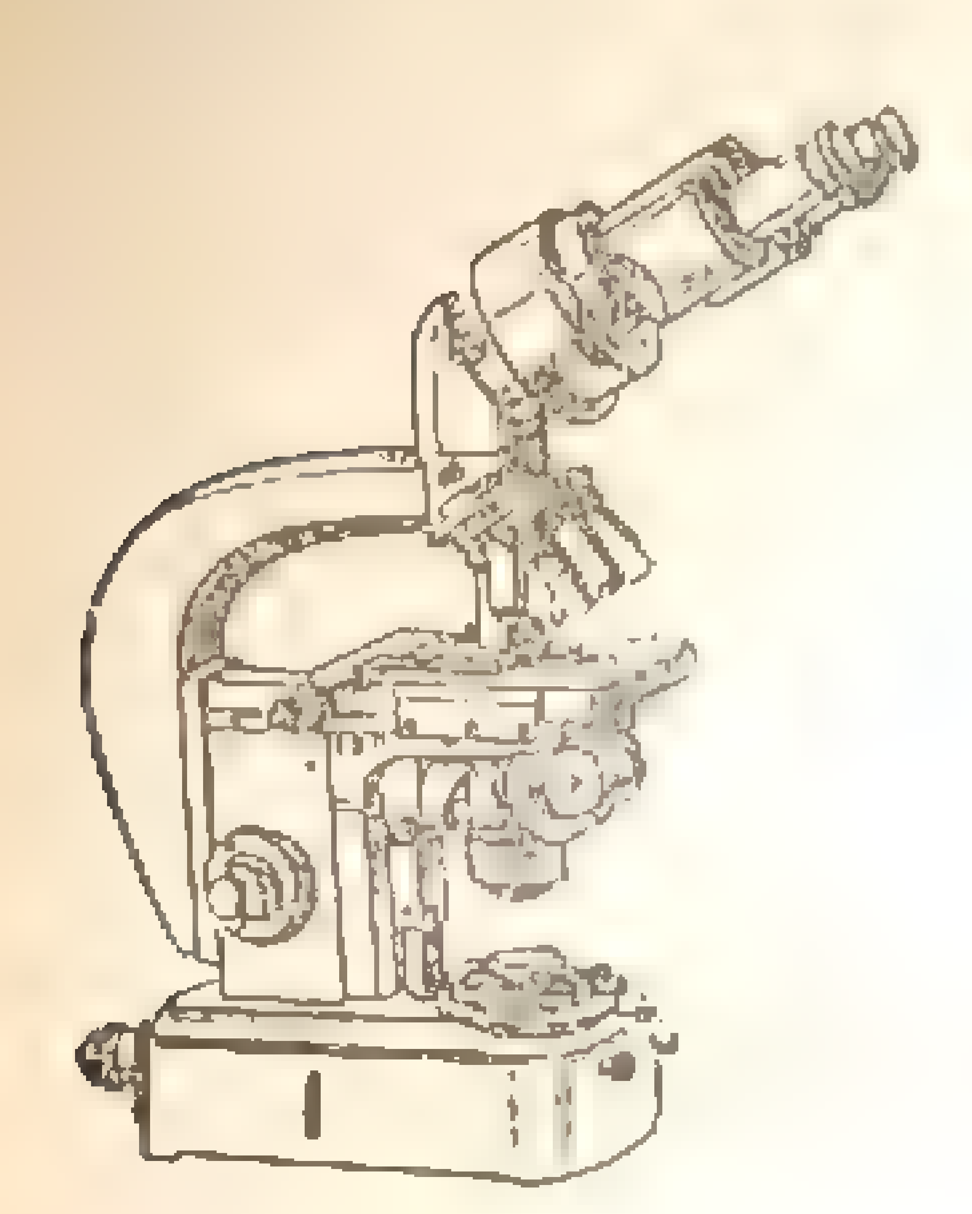
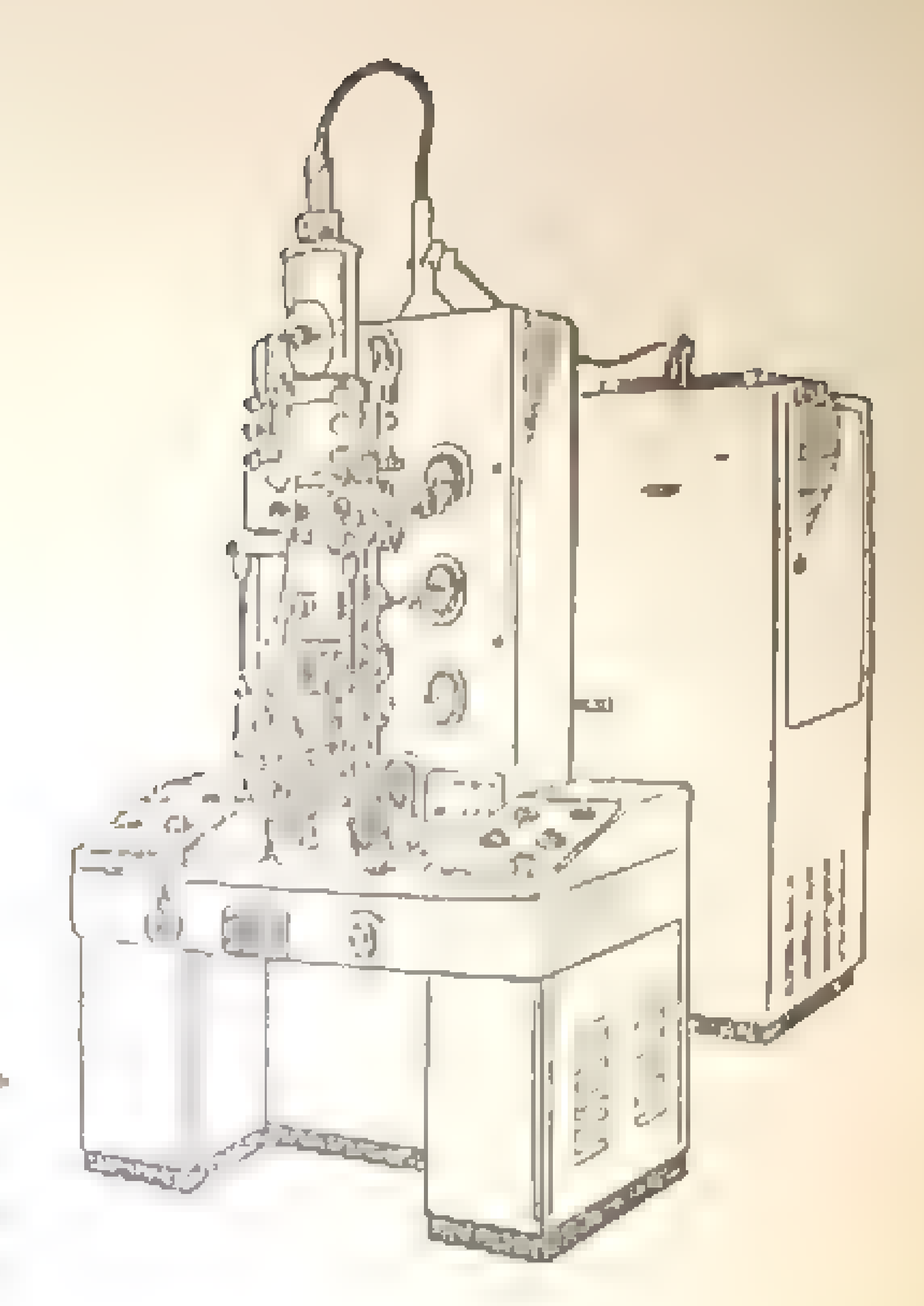




Рис. 73. Элек[illegible]тронный ми[illegible]роскоп.



но для того, чтобы видеть тон[illegible] [illegible]етали строения клеток, даже если рассматривать срез[illegible] [illegible], окрашенные специальными красителями.

Совершенно новая эпоха в изучении строения клетки началась после изобретения [illegible] (рис. 73), который дает увеличение в десятки и сотни тысяч раз. Вместо света в электронном микроскопе используется быстрый по[illegible]к электронов, а стеклянные линзы светооптического микроскопа [illegible]менены в нем электромагнитными полями. Электрон[illegible], [illegible] скоростью, сначала концентрируются на [illegible], а [illegible] попадают на экран, подобный экрану те[illegible], [illegible] можно либо наблюдать увеличенное изображен[illegible]е объек[illegible]а, [illegible] [illegible]графировать. Электронный микроскоп был сконструирован в 19[illegible] году, а особенно широко стал применяться для исследования биологических объектов в последние 10—15 лет.

Для исследования в электронном микроскопе клетки подвергаются очень сложной обработке. Приготовляются тончайшие срезы клеток, толщина которых равна 100—500 Å. Только такие тонкие срезы пригодны для электронномикроскопического исследования в связи с малой проницаемостью их для электронов.

В последнее время все больше и больше используются химические методы исследования клетки. Специальная отрасль химии —биохимия располагает в наши дни многочисленными тонкими методами, позволяющими точно установить не только наличие, но и роль химических веществ в жизнедеятельности клетки и целого организма. Созданы

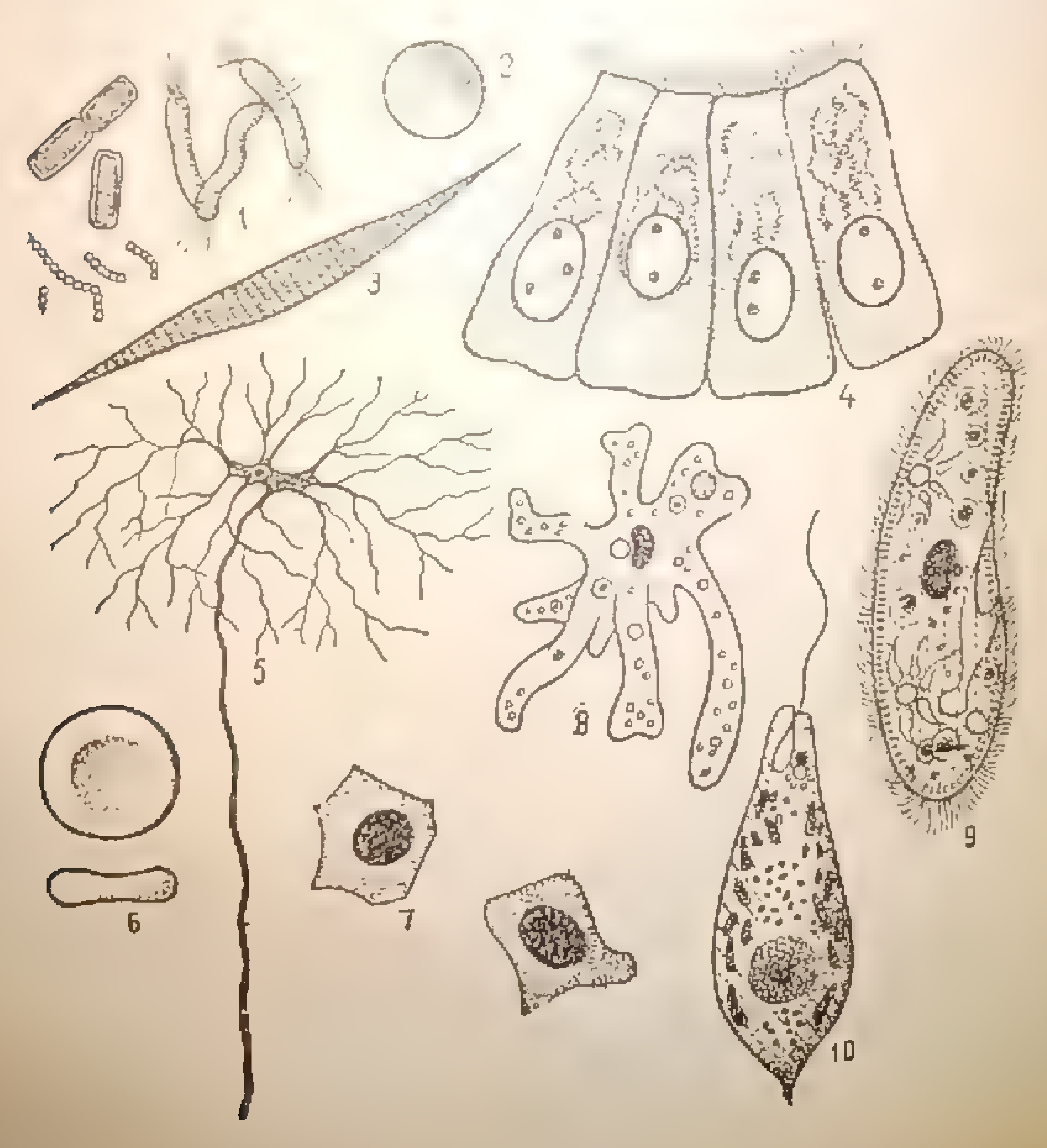
[1] 0,001 *мм* — 1 микрон (*мк*); 0,0001 *мк* — 1 ангстрем (Å).

[illegible] приборы, называемые центрифугами, которые развивают огромную скорость вращения (несколько десятков тысяч оборотов в минуту). С помощью таких центрифуг можно легко отделить структурные компоненты клетки друг от друга, так как они имеют разную удельную массу. Этот важный метод дает возможность изучать отдельные свойства каждой части клетки.

Изучение живой клетки, ее тончайших структур и функций — задача очень нелегкая, и только сочетание усилий и колоссальной работы цитологов, биохимиков, физиологов, генетиков и биофизиков позволило детально изучить ее структурные элементы и определить их роль.

Вопросы и задания

1. Когда и кем была сформулирована теория о клеточном строении организмов? Какова оценка этой теории Ф. Энгельсом? 2. Какие приборы используются сейчас для изучения строения и функций клеток?



Клетка любого одноклеточного и многоклеточного организма состоит из двух важнейших, неразрывно связанных между собой частей: ц и т о п л а з м ы и я д р а, которые представляют элементарную целостную живую систему.

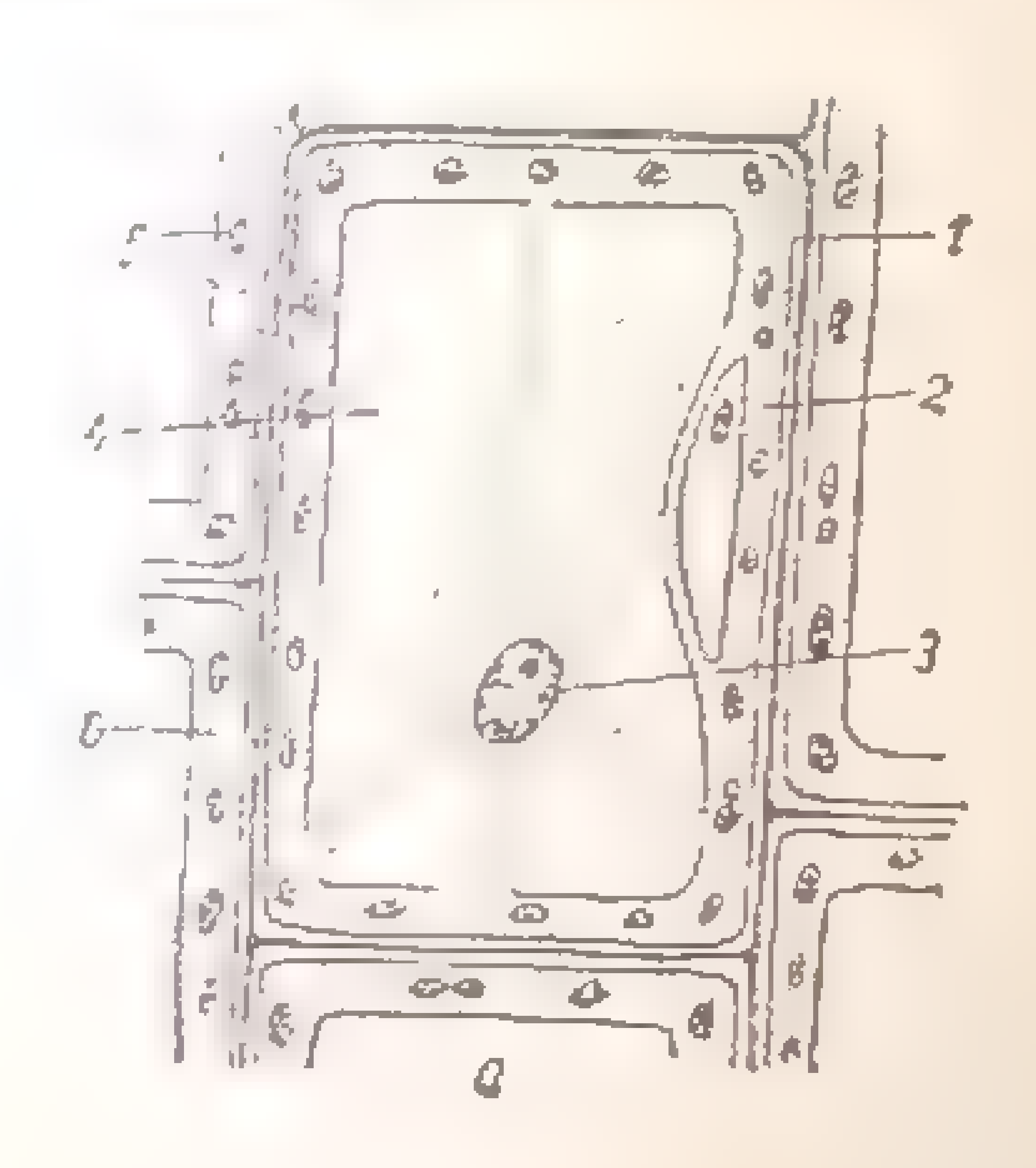
С формой, размерами и функциями клеток различных тканей и органов многоклеточных организмов вы уже познакомились раньше. Поэтому внимательно рассмотрите рисунок 74, для того чтобы вспомнить разнообразные примеры зависимости формы и размеров клеток от тех функций, которые они выполняют в сложном многоклеточном организме, прошедшем длительный путь эволюции.

Основные органоиды клеток растений и животных, открытые и подробно изученные с помощью светового микроскопа, вам также уже известны. Рассмотрите схемы строения клеток, изображенные на рисунке 75, по данным светового микроскопа, найдите основные органоиды и сравните строение растительной и животной клеток.

Но даже самого большого увеличения светового микроскопа оказалось недостаточно для того, чтобы увидеть и изучить тонкое строение органоидов цитоплазмы и детали строения ядра. Эта задача была выполнена только с

◀ Рис. 74. Различная форма клеток в связи с выполняемой ими функцией:

1 — бактерии: кокки, кишечная палочка, спириллы со жгутиками на концах тела; *2* — икринка лягушки; *3* — мышечная клетка; *4* — клетки эпителия; *5* — нервная клетка сетчатки глаза с многочисленными отростками; *6* — эритроцит человека; *7* — лейкоциты человека (лимфоциты); *8* — амеба; *9* — инфузория-туфелька; *10* — эвглена зеленая.



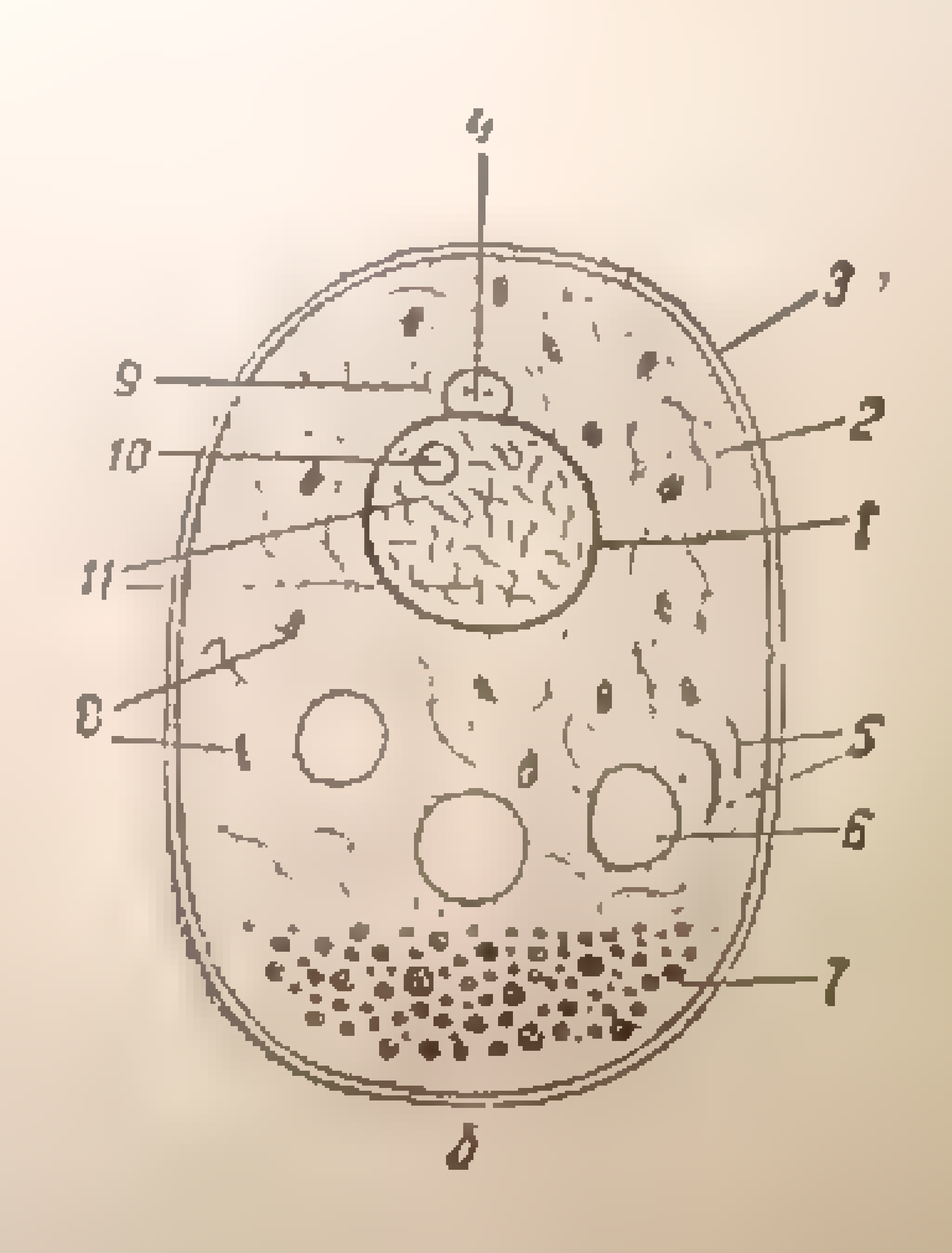


Рис. 75. Схема строения растительной (*а*) и животной (*б*) клеток по данным светового микроскопа. ▶

Обозначения на рис. *а*: *1* — оболочка; *2* — цитоплазма; *3* — ядро; *4* — вакуоли, наполненные вакуолярным соком; *5* — пластиды; *6* — цитоплазма соседней клетки. Обозначения на рис. *б*: *1* — ядро; *2* — цитоплазма; *3* — наружная мембрана клетки; *4* — клеточный центр; *5* — митохондрии; *6* — вакуоль; *7* — включения; *8* — пластиды; *9* — аппарат Гольджи, *10* — ядрышко; *11* — хроматин.

помощью электронного микроскопа, и на таблице VII дана схема строения клетки, созданная на основе электронномикроскопического исследования. Рассмотрение тонкого (а точнее, ультратонкого) строения клетки на основе этой схемы мы начнем с цитоплазмы и ее органоидов.

Наружная клеточная мембрана. С помощью светового микроскопа можно видеть только довольно толстую оболочку растительных клеток, клеток простейших, но не удается обнаружить оболочку у большинства клеток многоклеточных животных.

Электронномикроскопические исследования позволили установить, что любая клетка растений и животных, бактерий и простейших имеет очень тонкий внешний покров, который называется н а р у ж н о й   м е м б р а н о й   к л е т к и («мембрана» — кожица, пленка, *лат.*). Те же оболочки, которые обычно видны в световой микроскоп, и в первую очередь толстые оболочки растительных клеток, состоящие у большинства растений из клетчатки, представляют собой лишь дополнительные [illegible] на поверхности этой наружной мембраны.

Толщина наружной [illegible] мембраны около 75 Å, и, конечно, такая тонкая пленка [illegible] под световым микроскопом. Но, несмотря на [illegible] толщину, в состав наружной мембраны входит три [illegible] электронномикроскопической фотографии (табл. VIII) [illegible] двух соседних клеток, и в каждой из мембран видны три [illegible], один из которых расположен на наружной поверхности [illegible] с внешней средой, второй же обращен непосредственно [illegible] клетки, а третий, светлый слой расположен в середине, между двумя темными. Оба темных слоя мембраны состоят из молекул белков, а средний, светлый слой — из молекул жиров.

Наружная мембрана клетки пронизана многочисленными мельчайшими отверстиями — порами, через которые внутрь клетки из внешней среды могут проникать только ионы, вода и очень мелкие молекулы многих других веществ, находящихся во внешней среде, окружающей клетку. Через поры могут также выходить из клетки во внешнюю среду разнообразные вещества.

Но через мельчайшие поры наружной мембраны в клетку из окружающей среды не могут проникать довольно крупные частицы твердых веществ, например частички пищи, имеющие размеры в несколько микрон, а также крупные молекулы органических веществ, например белков. Проникновение относительно крупных твердых частиц в клетку осуществляется путем фагоцитоза («фагос» — пожирать, «цитос» — клетка, *греч.*), схема которого показана на рисунке 7б. Здесь видно, что частичка пищи или какого-либо другого вещества сначала очень близко подходит к наружной клеточной мембране. Затем в месте контакта с такой частицей мембрана образует впячивание, направленное внутрь клетки. Это впячивание постепенно углубляется, и частичка, попавшая в него, погружается внутрь клетки, в ее цитоплазму.

У одноклеточных животных, или простейших (например, инфузорий, амеб), фагоцитоз выполняет функцию питания, и все

твердые пищевые частички попадают внутрь их клетки именно таким путем. У многоклеточных животных и человека функцию фагоцитоза осуществляют только специализированные клетки, например белые кровяные тельца, которые поглощают бактерий, попавших в организм, пыль и другие твердые частички. Этим клеткам, способным к фагоцитозу, принадлежит функция защиты организма от разнообразных посторонних, попавших в него частиц, например от патогенных бактерий. В процессах фагоцитоза наружная клеточная мембрана принимает активное участие; *способность к фагоцитозу — одна из важных ее функций.*

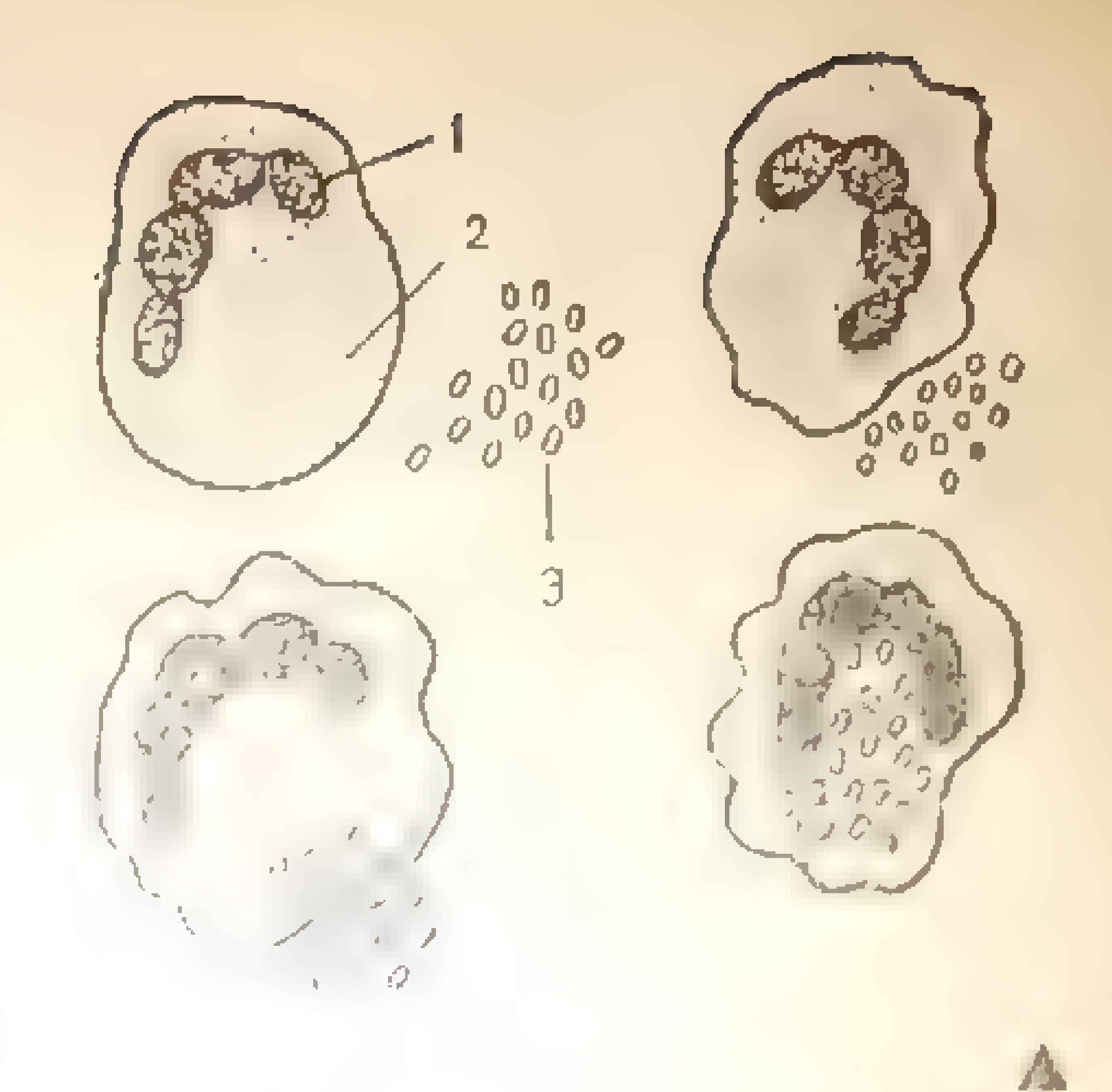


Рис. 76. Лейкоциты [illegible] за[illegible]тывающ[illegible] бактери[illegible]

1 — ядро лейкоцита; [illegible] — [illegible]лазма; 3 — бактерии (кокки).

Через наружную мембрану в клетку попадают и капли жидкости, содержащие в растворенном виде разнообразные вещества. Процесс поглощения жидкости в виде мелких капель напоминает питье и потому был назван пиноцитозом («пино» — пью, «цитос» — клетка, *греч.*). Схема пиноцитоза дана на рисунке 77, где видно, что процесс поглощения жидкости клеткой сходен с процессом фагоцитоза: вначале капля жидкости сближается с наружной клеточной мембраной, которая в этом месте образует многочисленные мелкие скла-

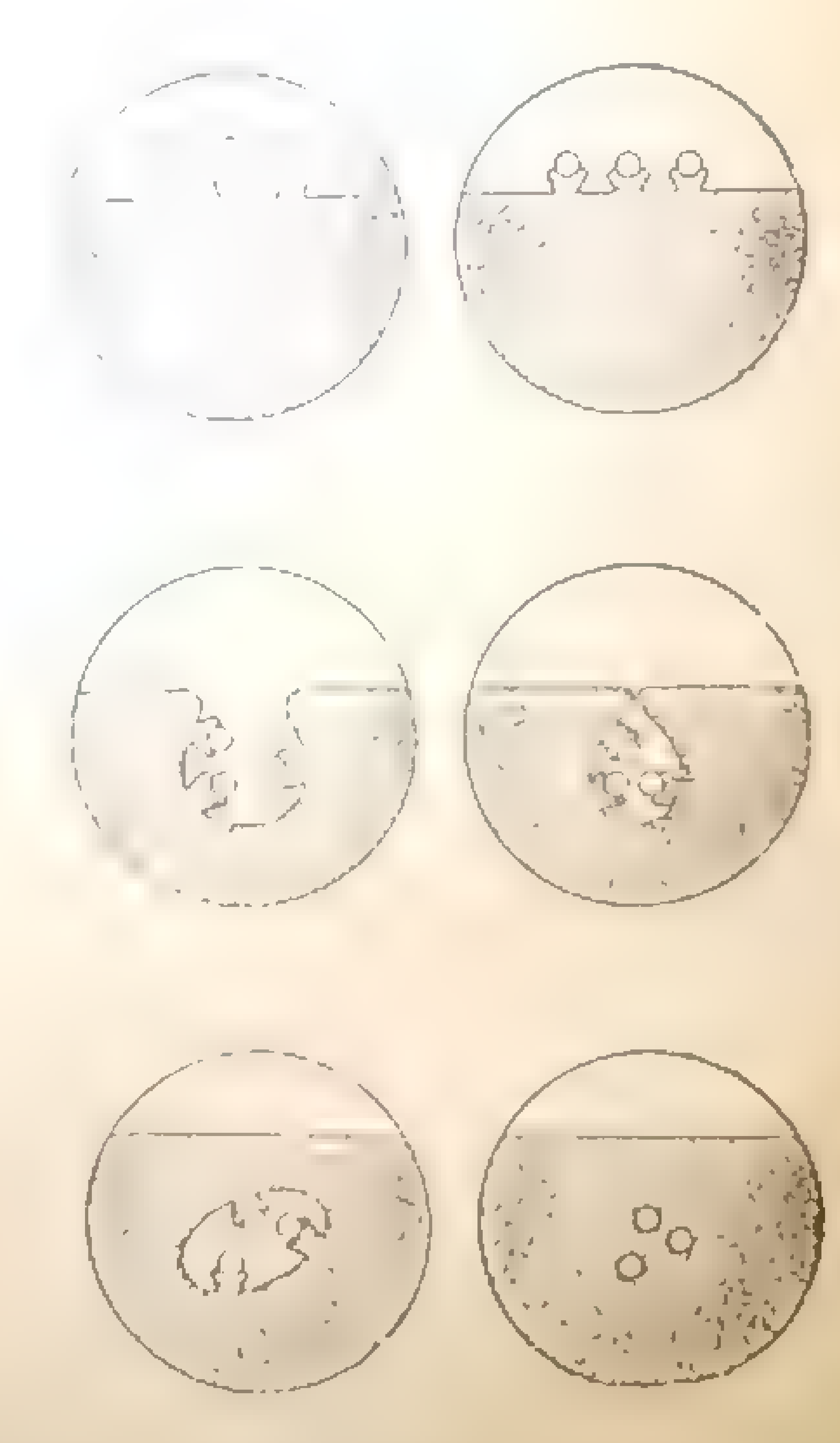


Рис. 77. Схема пиноцитоза. Видно, что пузырьки жидкости из окружающей среды захватываются наружной мембраной клетки и погружаются в цитоплазму.

дочки. Затем образуется впячивание с попавшей в него каплей жидкости, которое постепенно углубляется и, наконец, полностью отделяется от поверхности, и капля жидкости оказывается в цитоплазме клетки. *Пиноцитоз еще одна важная функция наружной клеточной мембраны, присущая клеткам всех животных и растений.*

Итак, *через наружную клеточную мембрану постоянно осуществляется обмен веществ между клеткой и окружающей средой*: благодаря наличию пор мембрана регулирует проникновение ионов и мелких молекул в клетку и из клетки, через нее в клетку поступают и более крупные, твердые и растворенные в воде вещества. Но, кроме этих важных функций, наружная мембрана выполняет и много других не менее важных биологических функций. Она отграничивает цитоплазму и все органоиды клетки от внешней среды, причем легко и быстро восстанавливает свою целостность после небольших повреждений. Соединение клеток в разнообразные ткани многоклеточных организмов также осуществляется за счет наружной мембраны, которая образует многочисленные складки и выросты, увеличивающие прочность клеточных соединений. Они хорошо видны на микрофотографии (табл. VIII).

Большинство клеток многоклеточных животных, например эпителиальные клетки крови, печени, почек и др., имеют только одну наружную мембрану, которая и представляет их единственный внешний покров. У других же клеток, например у отростков нервных клеток, у многих простейших, внешний покров состоит из нескольких прилегающих друг к другу мембран, образующих прочную клеточную оболочку, которая обычно бывает хорошо видна с помощью светового микроскопа. Отличительной чертой клеток растений, как уже упоминалось выше, является толстая клеточная оболочка, состоящая из клетчатки, особого органического вещества пектина или из других веществ. Эта оболочка располагается над наружной цитоплазматической мембраной, образуется за счет активной деятельности мембраны и представляет собой прочный внешний покров растительных клеток.

Вопросы и задания

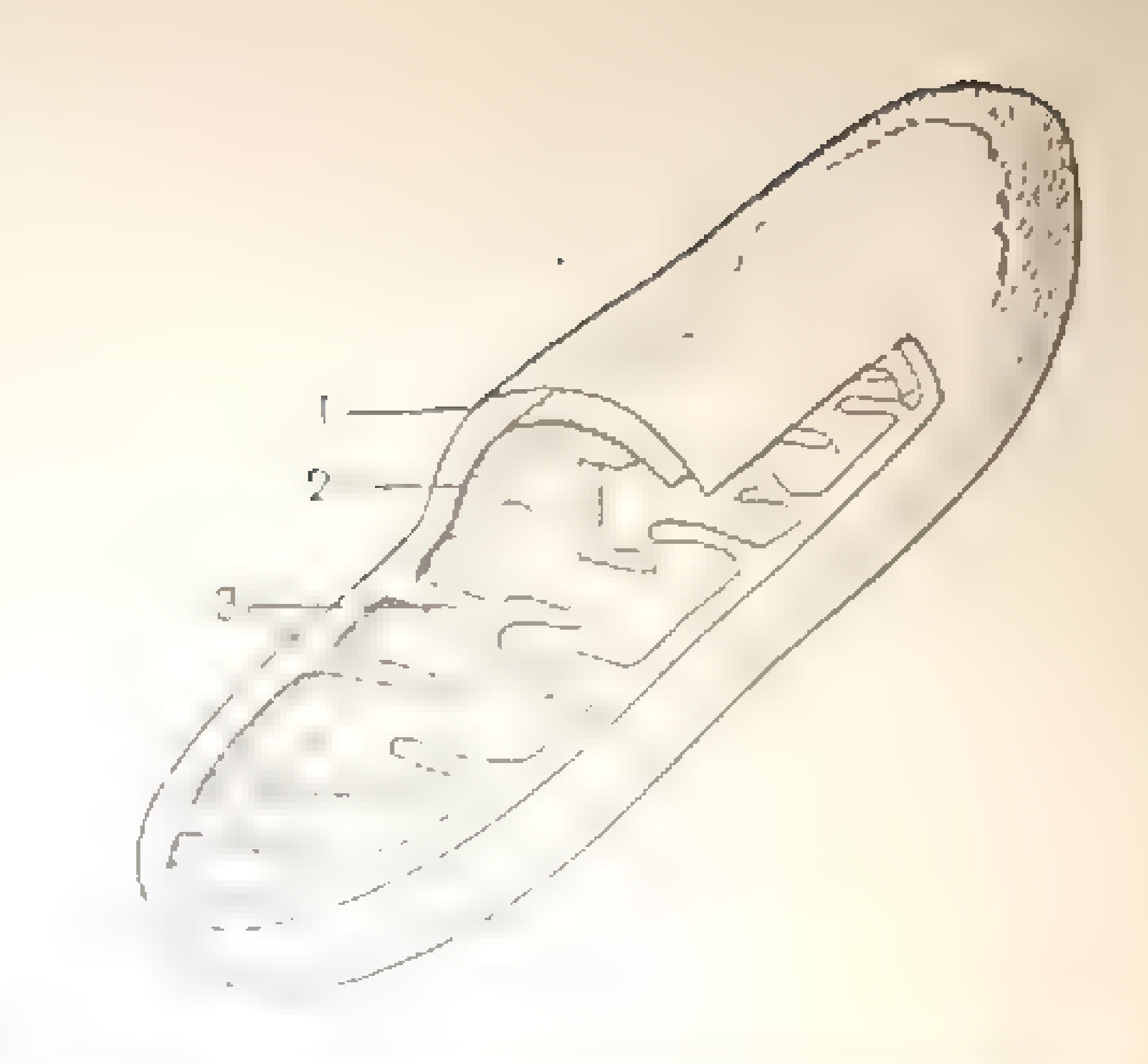
1. Расскажите о форме, размерах клеток разных организмов, разных органов и тканей, о связи формы с функциями клеток, пользуясь рисунком 71. 2. Сравните строение растительных и животных клеток, найдите их различия. 3. Каково строение и основные функции наружной мембраны клетки?

§ 28. Цитоплазма и ее органоиды

Цитоплазма. Цитоплазма (табл. VII), отграниченная от внешней среды наружной мембраной, заполняет всю клетку, и в ней располагаются различные органоиды и ядро. Это внутренняя полужидкая среда клетки, которая содержит большое количество воды, а из органических веществ в ней преобладают белки. На электронномикроскопических фотографиях основная масса цитоплазмы имеет мелкозернистое строение. Во многих клетках, например в клетках эпителия, в ней видны тончайшие нити, располагающиеся во всех участках клет-

ки и выполняющие роль опорных (скелетных) структур. Цитоплазма связывает все клеточные органоиды и ядро в одно целое и обеспечивает их взаимодействие друг с другом.

Митохондрии. Митохондрии («митос» — нить, «хондрион»—зерно, гранула, *греч.*) — это тельца размером примерно от 0,2 до 7 *мк*, разнообразные по своей форме: округлые, овальные, палочковидные, [illegible] VII). Располагаются митохондрии в цитоплазме клеток, и количество их в разных клетках может варьировать от 2 — 3 до 1000 и более. [illegible] клетке печени млекопитающих содержится около 2500 митохондрий.



[illegible] ным электронного микроск[illegible]
[illegible] 3 — гребни внутренней мембраны.

Митохондрии [illegible], с помощью которого можно [illegible] в клетке, сосчитать их количество. [illegible] исследовании обнаружено, что [illegible] довольно сложное строение. На рисунке 78, [illegible] строения митохондрии, а также на электронномикроскопической фотографии (табл. IV) видно, что внешний покров [illegible] представлен двумя мембранами: наружной и внутренней. Наружная мембрана гладкая, она не образует никаких складок и выростов. Внутренняя мембрана, наоборот, образует многочисленные складки, которые направлены во внутреннюю полость митохондрии. Складки внутренней мембраны называются кристами («криста» — гребень, [illegible]). У большинства клеток во внутренней полости митохондрии кристы располагаются в поперечном направлении. Некоторые кристы могут разветвляться, что видно на рисунке 78. В [illegible] обычно бывает множество крист, и они [illegible] друг к другу, а незначительное пространство, которое остается между ними, заполнено полужидким веществом с мелкозернистым строением.

Наружная и внутренняя мембраны митохондрии имеют такое же трехслойное строение, как и наружная мембрана клетки. В их состав входят белки и жиры. На наружной и внутренней мембранах митохондрий и особенно на кристах располагается большое количество разнообразных ферментов. К числу ферментов митохондрий относятся прежде всего те, с помощью которых осуществляется дыхание клеток, а также синтез особого вещества, которое называется аденозинтрифосфорной кислотой или сокращенно АТФ. Это вещество обладает большими запасами энергии, которая освобождается при распаде АТФ,

постоянно происходящем в митохондриях под влиянием ферментов. Энергия используется клетками при синтезе разнообразных веществ, при выработке тепла, необходимого для поддержания температуры тела, при движении и других проявлениях жизнедеятельности.

АТФ синтезируется в митохондриях всех клеток, всех организмов и представляет собой универсальный источник энергии. Поэтому митохондрии образно называются «силовыми» или «энергетическими станциями» клетки; они — обязательный органоид каждой растительной и животной клетки.

Пластиды. Пластиды — это органоиды растительных клеток, и наличие пластид отличает клетки растений от клеток животных. Пластиды располагаются в цитоплазме. Различается три основных типа пластид: 1) зеленые пластиды — х л о р о п л а с т ы; 2) окрашенные в красный, оранжевый и другие цвета — х р о м о п л а с т ы и 3) бесцветные пластиды — л е й к о п л а с т ы.

Х л о р о п л а с т ы находятся в клетках листьев и других зеленых частях растений. Характерный для хлоропластов зеленый цвет зависит от особого, находящегося в них зеленого пигмента хлорофилла. Благодаря хлорофиллу зеленые растения способны использовать световую энергию Солнца и за счет солнечной энергии синтезировать органические вещества из неорганических. Процесс созидания органических веществ из неорганических носит название фотосинтеза. Он происходит только в хлоропластах.

Х р о м о п л а с т ы окрашивают венчики цветков, плоды, овощи и листья в разные цвета: от желтого и оранжевого до различных оттенков красного цвета.

Л е й к о п л а с т ы содержатся в клетках бесцветных частей растений: в стеблях, корнях, клубнях. Все эти типы пластид тесно связаны друг с другом возможностью взаимного перехода. Так, при созревании плодов или при изменении окраски листьев осенью хлоропласты превращаются в хромопласты, а лейкопласты могут свободно превращаться в хлоропласты, например при позеленении клубней картофеля.

Все три типа пластид хорошо видны под световым микроскопом, так как размеры их обычно равны нескольким микронам. Например, хлоропласты могут быть 4—6 *мк* и больше.

Тонкое строение пластид было изучено с помощью электронного микроскопа. Мы рассмотрим подробно строение хлоропластов. У большинства растений хлоропласты имеют форму дисков (табл. XI), отграниченных от цитоплазмы двумя мембранами. Каждая из мембран хлоропласта, т. е. наружная и внутренняя, обладает таким же строением, как и наружная мембрана клетки, и в состав обеих мембран входит три слоя.

На микрофотографии видно, что внутри хлоропласта находится большое количество прямоугольных гран. Каждая грана представляет собой скопление или группу тончайших пластинок, сложенных друг с другом наподобие столбика монет. В поперечном сечении они выглядят округлыми, диаметр одной граны около 1 *мк*. В состав одной

граны входит около 10 пластинок, а в одном хлоропласте содержится несколько десятков гран, которые соединены между собой также тонкими пластинками. Зеленый пигмент хлорофилл находится только в гранах; в других частях хлоропласта его нет, и именно в гранах происходит фотосинтез.

Лизосомы. Лизосомы — небольшие округлые тельца, располагающиеся во всех частях клетки (табл. IX, 2). Диаметр одной лизосомы около 1 *мк*. От цитоплазмы [illegible] плотной мембраной. Внутри них [illegible] способны расщеплять все [illegible]. Расщепление пищевых веществ с помощью [illegible], откуда и происходит [illegible]. В одной клетке лизосом [illegible], и совокупность [illegible] системой» клетки. [illegible], и в последнее время они найдены [illegible] и в клетках растений.

Эндоплазматическая сеть. [illegible] только при электронномикроскопи[illegible]. Эндоплазматическая сеть пред[illegible] каналов и полостей размером до 500 Å в [illegible] между собой и образуют [illegible] всю цитоплазму клетки.

Каналы и полости [illegible] ограничены мембранами, которые имеют [illegible] и наружная мембрана клетки, т. е. каждая из них состоит из трех слоев.

Различается два [illegible] шероховатая и гладкая. На мембранах [illegible] множество мелких округлых телец — рибосом (табл. [illegible]), [illegible] мембранам каналов и полостей шероховат[illegible]. Мембраны второго типа, т. е. гладкой эндоплазматической [illegible] рибосом на своей поверхности.

О функциях этого [illegible]. Шероховатая эндоплазматическая сеть при[illegible] участие в синтезе белков. На мембранах гладкой эндо[illegible] сети происходит синтез жиров и полисахаридов. [illegible] накапливаются в каналах и полостях, а затем транс[illegible] к различным органоидам клетки, где они и потребляются. Кроме того, в многочисленные каналы и полости эндоплазматической сети постоянно поступают и транспортируются в различные участки клетки вещества из окружающей среды. Поступают в нее и вещества, выводящиеся из клетки.

Следовательно, *эндоплазматическая сеть — это клеточный органоид, который принимает активное участие не только в синтезе белков, полисахаридов и жиров, но и в транспортировании и накоплении различных веществ в клетке.*

Эндоплазматическая сеть обнаружена во всех клетках животных и растений, всеобщее распространение этого органоида еще раз свидетельствует о важности его функций, которые сейчас интенсивно изучаются.

Рибосомы. Так же как эндоплазматическая сеть, рибосомы были открыты с помощью электронного микроскопа, поскольку эти органоиды клетки обладают исключительно мелкими размерами. Рибосомы — это тельца округлой формы диаметром 150—200 Å. На электронно-микроскопической фотографии видно, что в клетке очень много рибосом (табл. XII, 1) и что большинство из них располагается на мембранах эндоплазматической сети. Кроме того, много рибосом свободно располагается в цитоплазме, а также и в ядре клетки.

В состав рибосом входят белок и рибонуклеиновая кислота (РНК).

Рибосомы обнаружены во всех клетках многоклеточных животных и растений, а также в клетках одноклеточных организмов. Это показывает, что *рибосомы — обязательный органоид клетки, выполняющий важнейшую биологическую функцию: на рибосомах синтезируется белок.* Рибосомы именно тот органоид клетки, где происходит синтез белковых молекул, т. е. сборка их из молекул аминокислот, имеющихся в цитоплазме и проникающих в клетки. Поскольку рибосомы выполняют важнейшую функцию синтеза белка, их можно называть «сборочными конвейерами» клетки.

Белки, синтезированные на рибосомах, накапливаются в каналах и полостях эндоплазматической сети, а затем транспортируются к тем органоидам клетки, где они потребляются. Основная масса белков синтезируется на рибосомах, связанных с мембранами шероховатой эндоплазматической сети, поэтому эти два органоида, как уже было отмечено выше, представляют единый аппарат синтеза и транспортировки образующихся в клетке белков.

Комплекс Гольджи. Комплекс Гольджи — органоид клетки, названный так по имени итальянского ученого К. Гольджи, который впервые увидел его в цитоплазме нервных клеток (1898) и обозначил как сетчатый аппарат. Сейчас комплекс Гольджи обнаружен во всех клетках растительных и животных организмов. Форма и размеры его сильно варьируют. Во многих клетках, например в нервных, он имеет форму сложной сети, расположенной вокруг ядра (табл. XII, 2); в клетках растений, простейших комплекс Гольджи представлен отдельными тельцами серповидной или палочковидной формы. Тонкое строение этого органоида одинаково в клетках растительных и животных организмов, несмотря на разнообразие его формы. В комплекс Гольджи входят три основных структурных компонента: 1) крупные полости, расположенные группами (по 5—8); 2) сложная система трубочек, отходящих от полостей; 3) крупные и мелкие пузырьки, расположенные на концах трубочек. Все эти элементы составляют единый комплекс и ограничены мембранами такого же строения, как и наружная мембрана клетки.

Комплекс Гольджи выполняет много важных биологических функций: *к нему транспортируются по каналам эндоплазматической сети продукты синтетической деятельности клетки, а также разные вещества, поступающие в клетку из внешней среды.* Это в первую очередь белки, синтезирующиеся в клетке, секреты белковой природы, вырабатываемые во многих клетках, желток, образую-

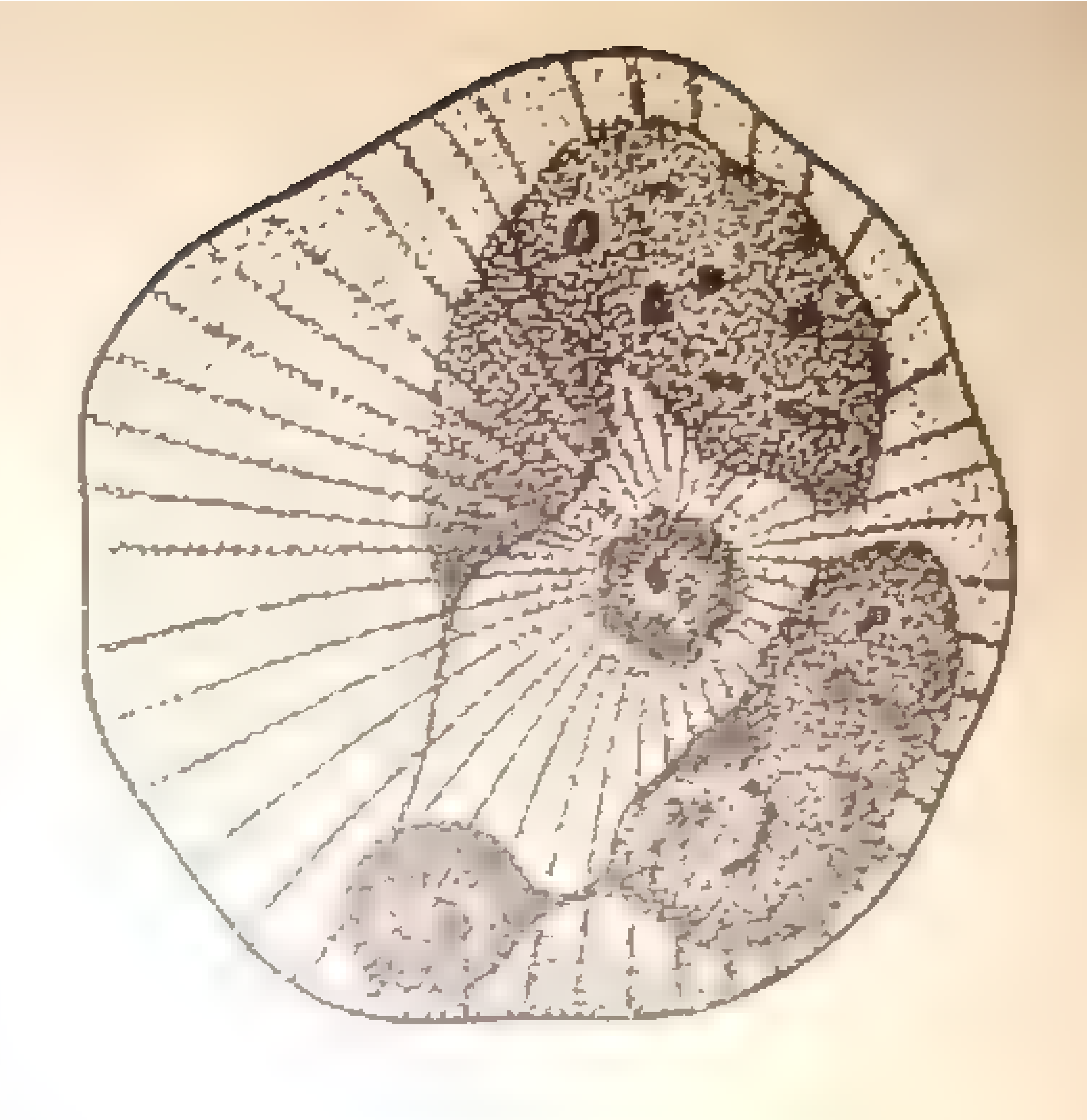
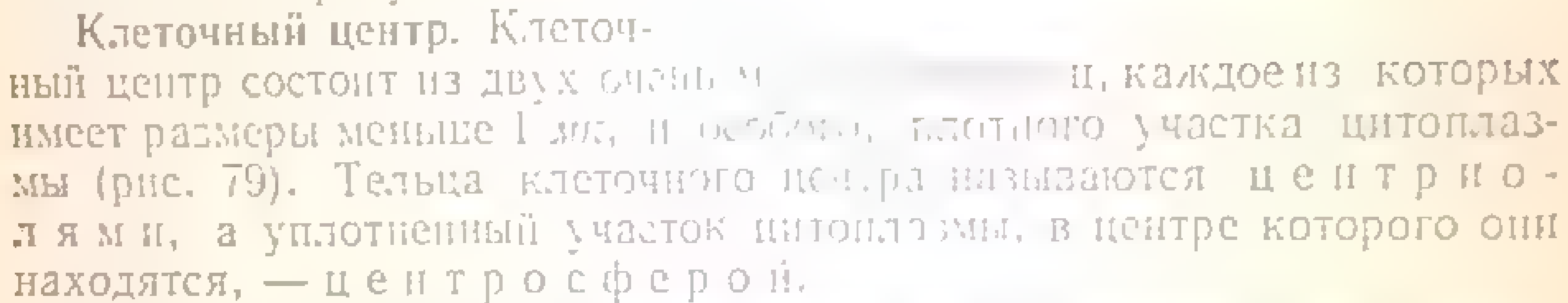


Рис. 79. Клеточный центр: в центре — центросфера с двумя центриолями и отходящими от нее многочисленными лучами. Ядро крупное и состоит из трех соединенных друг с другом частей.

щийся в яйцевых клетках при их созревании, полисахариды и жиры. Все эти вещества сначала накапливаются в элементах комплекса Гольджи, а затем в виде капелек или зерен поступают в цитоплазму и либо используются в самой клетке в процессе ее жизнедеятельности, либо выводятся из нее во внешнюю среду.



Клеточный центр. Клеточный центр состоит из двух очень м[illegible]и, каждое из которых имеет размеры меньше 1 мк, и особого, плотного участка цитоплазмы (рис. 79). Тельца клеточного центра называются центриолями, а уплотненный участок цитоплазмы, в центре которого они находятся, — центросферой.

Электронномикроскопичес[illegible]ования показали, что каждая центриоль имеет форму цил[illegible] мельчайших трубочек.

Клеточный центр обычно располагается вблизи ядра. Такое расположение клеточного центра особенно характерно для клеток многоклеточных животных [illegible] роль при делении клетки.

Органоиды специального значения. [illegible] органоиды, котор[illegible] циальных функции. [illegible] служить реснички и жгутики, [illegible] и жгутиконосцев среди простейших. [illegible] ные эпителиальные клетки многоклеточных животных, например эпителий дыхательных путей, где реснички также выполняют функцию движения, удаляя попавшие в организм частицы пыли, и др.

В мышечных клетках животных и человека содержатся тончайшие нити — миофибриллы, за счет которых осуществляется сокращение мышц. У простейших, во многих клетках многоклеточных организмов, и особенно в эпителиальных, находятся очень тонкие опорные нити, выполняющие роль внутриклеточного скелета.

Включения. В отличие от органоидов включения принадлежат к числу непостоянных клеточных структур. Они то появляются, то исчезают в процессе жизнедеятельности клетки. Включения хорошо видны в световой микроскоп в форме плотных зерен, жидких капель,

вакуолей и кристаллов (рис. 75). Многие из этих включений представляют собой запасные питательные вещества, которые постоянно используются клеткой. Это капельки жира, зерна крахмала и гликогена, а также белка. В некоторых клетках запасные питательные вещества откладываются в больших количествах. Так, в клетках печени накапливается много гликогена, в клетках подкожной жировой клетчатки животных и человека происходит накопление жира. Отложений белка много в яйцевых клетках различных животных. Клетки растений также богаты запасными питательными веществами: в них можно найти полисахариды (крахмал и др.), жиры и белковые включения, которых много в семенах, клубнях. Например, в клетках клубней картофеля накапливается огромное количество крахмала.

Вопросы и задания

1. Расскажите о строении митохондрий, об их функциях в клетке. 2. Каково строение хлоропластов? 3. В каких органоидах клетки осуществляется синтез белков? Где располагаются эти органоиды в клетке и каково их строение? 4. Расскажите кратко о строении и функциях комплекса Гольджи, лизосом.

§ 29. Ядро и его структурные компоненты

Ядро — постоянный компонент всех клеток многоклеточных растений и животных, а также простейших и одноклеточных водорослей. Большинство клеток имеет одно ядро. Однако есть клетки с двумя, тремя и даже с несколькими десятками или сотнями ядер. Такие клетки называются многоядерными и встречаются, например, среди одноклеточных организмов, а также в печени и костном мозге позвоночных животных.

Форма ядра и часто его размеры зависят от формы клетки. Обычно в шаровидных клетках ядро имеет округлую форму, а в клетках, вытянутых в длину, ядро также удлиненное (рис. 74).

Различают два состояния ядра: делящееся и неделящееся. Мы рассмотрим особенности строения и функции неделящихся ядер.

В них различают ядерную оболочку, ядерный сок, или кариоплазму («карион» — ядро, *греч.*), хроматин и ядрышки (табл. VII). Хромосомы формируются только в делящихся ядрах, но иногда они видны и в промежутке между делениями.

Ядерная оболочка. От цитоплазмы ядро отделено ядерной оболочкой, которая хорошо видна в световой микроскоп в форме контура, ограничивающего ядро (рис. 75). На электронномикроскопической фотографии (табл. X) хорошо видно, что ядерная оболочка состоит из двух мембран: наружной и внутренней. Каждая из мембран имеет типичное трехслойное строение, такое же, как наружная цитоплазматическая мембрана и мембраны других органоидов.

Ядерная оболочка не сплошная: в ней имеются многочисленные поры, которые настолько малы, что видны лишь с помощью электронного микроскопа. Диаметр пор около 300 — 500 Å. Через поры осуществляется обмен веществ между цитоплазмой и ядром. Наруж-

ная мембрана ядерной оболочки тесно связана с эндоплазматической сетью.

Во время деления ядра в большинстве клеток ядерная оболочка разрушается.

Ядерный сок (кариоплазма). Ядерный сок — это вещество полужидкой консистенции, которое находится под ядерной оболочкой и заполняет всю полость ядра. В ядерном соке располагаются ядрышки и хроматин, а в последнее время с помощью электронного микроскопа в нем обнаружены рибосомы. По форме, химическому составу и функциям рибосомы ядра не отличаются от рибосом цитоплазмы, и на них происходит синтез белков ядра.

Хроматин. В [illegible] ядрах хроматин часто бывает виден в форме отдельных [illegible] размеров или нитей (рис. 75). Эти хроматиновые [illegible] рибонуклеиновую кислоту (ДНК) и белок.

Хроматин — [illegible] материал, из которого образуются хромосомы при делении ядер. В [illegible] ядрах ДНК сосредоточена именно в хромосомах. ДНК — [illegible] часть ядра. В этом веществе заключена [illegible] информация, передающаяся из поколения в поколение у каждого вида организмов.

Ядрышко. Ядрышко [illegible] округлое тельце, располагающееся [illegible]. В ядрах разных клеток, а также и в ядре [illegible] моменты ее жизнедеятельности количество [illegible] и размеры могут быть разными. Часто в ядрах [illegible] 1—2 ядрышка, но их может быть 5—7 и более. Ядрышки [illegible] только в неделящихся ядрах, во время деления они [illegible] дочерних клеток образуются заново.

В состав ядрышка входит РНК и белки. *Важнейшая функция ядрышка заключается в том, что [illegible] формирование рибосом*, которые затем выходят [illegible] цитоплазму. Это значит, что рибосомы, располагающиеся на мембранах эндоплазматической сети и свободно лежащие в цитоплазме, образуются в ядрышке. Рибосомы, находящиеся в ядрышке, осуществляют синтез белков.

Взаимодействие ядра и цитоплазмы. Цитоплазма и ядро клетки находятся в теснейшей взаимосвязи друг с другом. Если из клетки удалить ядро, то цитоплазма неизбежно погибнет. В свою очередь ядро не может существовать без цитоплазмы даже в течение короткого времени. Для жизни клетки необходимо взаимодействие ядра, цитоплазмы и всех ее органоидов как единого целого. Любое повреждение вызывает в конечном итоге гибель клетки. В ней нет структурных компонентов, способных к продолжительному самостоятельному существованию. Клетка — это элементарная целостная живая система.

Вопросы и задания

1. Каково строение оболочки ядра? 2. Что такое ядерный сок, или кариоплазма? 3. Какова роль и состав ядрышка? 4. В каком веществе ядра заключена наследственная информация?

§ 30. Одноклеточные организмы

В отличие от клеток многоклеточных организмов, образующих разнообразные органы и ткани, одноклеточные организмы (простейшие, одноклеточные водоросли, бактерии) имеют много своеобразных черт строения. Прежде всего тело их состоит всего лишь из одной клетки. Кроме того, любой одноклеточный организм одновременно представляет собой и клетку, и целый организм, ведущий самостоятельное существование.

Простейшие и одноклеточные водоросли. Простейшие, или одноклеточные животные (амебы, эвглены, инфузории и др.), а также одноклеточные водоросли (хламидомонада, хлорелла и др.) имеют типичное клеточное строение: они обладают ядром, ограниченным ядерной оболочкой, у них хорошо развиты и все органоиды, известные для клеток многоклеточных организмов. Многие формы, относящиеся к этим двум группам одноклеточных, имеют хорошо развитые органоиды движения в виде ресничек и жгутиков, имеют ротовое отверстие, через которое пища проходит внутрь клетки (вспомните, как питается инфузория-туфелька), и другие органоиды, обеспечивающие все процессы жизнедеятельности этих организмов. Все эти приспособления обеспечивают самостоятельное их существование в разнообразных условиях внешней среды.

Бактерии. Бактериальные клетки характеризуются прежде всего наиболее мелкими размерами. Некоторые бактерии с округлой формой тела достигают лишь 0,2 *мк* в диаметре (рис. 74). Органоиды движения у многих бактерий — жгутики.

По ряду признаков строения бактериальные клетки отличаются от клеток простейших и многоклеточных организмов. К таким признакам относится в первую очередь отсутствие типичного ядра, которое у бактерий лишено ядерной оболочки. Ядерные элементы, содержащие ДНК, располагаются непосредственно в цитоплазме и часто имеют неправильную разветвленную форму. У бактерий не обнаружено эндоплазматической сети, а митохондрии их не имеют типичного строения.

Все это служит доказательством более простого строения бактериальных клеток по сравнению с простейшими и клетками многоклеточных организмов. Несмотря на сравнительную простоту строения, бактерии — организмы, находящиеся на клеточном уровне организации. Они, подобно простейшим и одноклеточным водорослям, представляют обширную группу клеток-организмов, ведущих самостоятельное существование и приспособленных к разнообразным средам обитания.

Вопросы и задания

1. Каковы основные особенности строения клеток простейших? 2. Укажите основные отличия в строении бактериальных клеток от клеток других организмов.

Детальное изучение тонкой структуры клеток показало, что клеточная теория нашла блестящее подтверждение в строении всех многоклеточных и одноклеточных организмов. Лишь одна группа живых существ не может быть охвачена клеточной теорией, так как организмы, принадлежащие к ней, не имеют клеточного строения и представляют поэтому неклеточную форму [illegible] живой материи.

Вирусы. Неклеточн[illegible] вирусов (вирус — яд, *лат.*). Электрон[illegible], что по строению вирусы сильно отличаются от клеток.

Существование [illegible] Н. Иванов[illegible]ским в 1892 году. [illegible] Например, размеры вируса [illegible] только в клетках [illegible] самостоя[illegible] забо[illegible]левания [illegible] ству. Вирусы [illegible] миелит, [illegible] Они [illegible] например мозаичная болезнь табака. Листья больных растений становятся пестрыми, так как вирусы табачной мозаики разрушают хлоропласты и участки листа с разрушенными хлоропластами становятся бесцветными (рис. 80). Известны также вирусы, которые поселяются в клетках бактерий. Такие вирусы называются бактериофагами или просто фагами («фагос» — пожирающий, *греч.*). Бактериофаги полностью разрушают бактериальные клетки и потому могут быть использованы для лечения бактериальных заболеваний, например: дизентерии, брюшного тифа, холеры.

Строение вирусов наиболее детально изучено на примерах



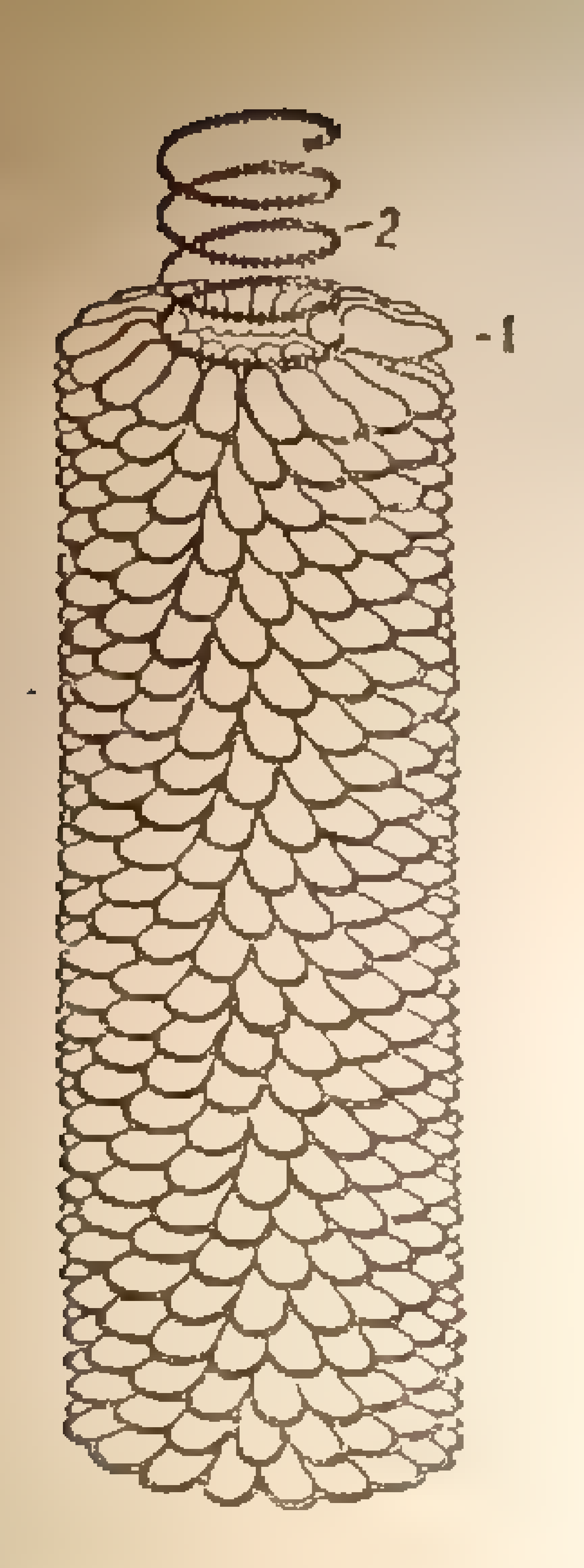
Рис. 80. Лист табака, пораженный мозаичной болезнью:

1 — мозаичная расцветка листа; видны светлые, пораженные вирусом участки листа, 2 — кристалл вируса в центре клетки листа.

вируса табачной мозаики и бактериофагов. Вирус табачной мозаики (рис. 80) существует в форме отдельных частиц, каждая из которых имеет палочковидную форму и представляет собой цилиндр с полостью внутри (рис. 81 и табл. XIII). Стенка цилиндра образована молекулами белка, а внутри, под этой белковой оболочкой, располагается тяж РНК, свернутый в форме спирали.

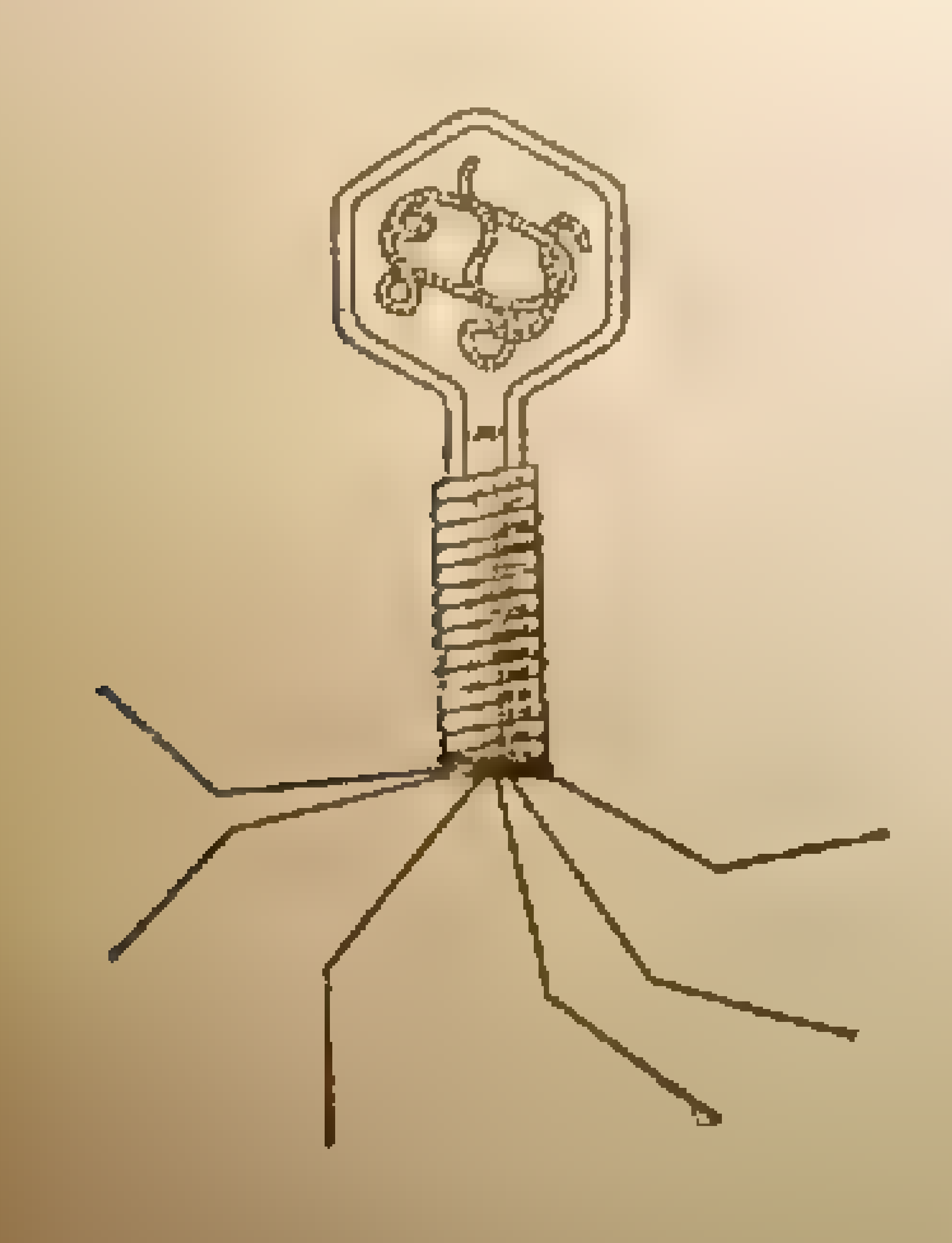
В длину частицы вируса достигают 300 *ммк*, и поэтому их можно видеть только с помощью электронного микроскопа. Частицы вируса поселяются в клетках листьев табака и часто образуют скопления в виде кристаллов шестигранной формы (рис. 80). Эти кристаллы видны в световой микроскоп.

Строение бактериофага рассмотрим на примере форм, которые поселяются в клетках бактерий, известных под названием «кишечная палочка». Такой бактериофаг (рис. 82) по форме тела напоминает головастика. Длина его около 200 *ммк*. Тело бактериофага состоит из головки, хвостика и нескольких хвостовых отростков. Снаружи головка и хвостик покрыты белковой оболочкой. Внутри головки находится ДНК, а внутри хвостика проходит канал. Когда бактериофаг проникает в клетку кишечной палочки, то сначала он прикрепляется к ее поверхности, а затем растворяет оболочку бактерии в том месте, где произошло прикрепление. ДНК бактериофага проходит в канал хвостика и впрыскивается в клетку бактерии через отверстие, образовавшееся в ее оболочке. Далее у кишечной палочки, зараженной бактериофагом, начинает синтезироваться ДНК бактериофага, а не собственная ДНК бактерии, и в конечном итоге бактерия погибает.



▲ Рис. 81. Схема строения частицы вируса табачной мозаики.

Видна оболочка из белковых молекул (*1*) и тяж РНК (*2*), свернутый в виде спирали и расположенный внутри оболочки.



◄ Рис. 82. Схема строения бактериофага, поражающего бактерии — кишечные палочки.

Таково строение вирусов, которое действительно сильно отличается от строения клеток. Это дает нам право считать, что вирусы — неклеточные существа. Их строение значительно проще строения клетки.

Эволюция клетки. Существование организмов, не имеющих клеточного строения, служит подтверждением того, что клетки не всегда были такими, какими мы их видим и изучаем сейчас, а прошли длительный путь эволюционного развития. Вероятно, в процессе развития жизни сначала появились какие-то неклеточные организмы, строение которых было значительно проще, чем строение самых простых, известных нам сейчас одноклеточных организмов. Затем уже на следующем этапе развития [illegible] формы существования живой материи. Это, [illegible], были какие-то еще очень просто организованные [illegible], которые на следующей, более высокой ступени [illegible] многоклеточным организмам.

Вопросы и задания

1. Почему вирусы [illegible] заболевания растений, животных и человека, вызываемые вирусами. Расскажите об основных особенностях строения вирусов. 2. Какую роль играют неклеточные формы — вирусы и одноклеточные организмы в решении проблемы эволюции клетки?

§ 32. Химический состав клетки. Вода. Неорганические составные части

Живая клетка характеризуется [illegible] химической деятельностью. В ней одновременно протекают [illegible] химических реакций. Вещества из внешней среды беспрерывным потоком поступают в клетку, и беспрерывно же отработанные продукты удаляются из клетки в окружающую среду. В одних участках клетки вещества подвергаются глубокому распаду, в других — из более простых низкомолекулярных веществ образуются [illegible] высокомолекулярные соединения.

Химическая деятельность клетки является основой ее жизни, главным условием ее развития и функционирования.

Раздел науки о клетке, в котором изучается химический состав клеток и химические реакции, протекающие в них, называется биохимией клетки или биохимической цитологией.

Биохимия клетки занимает особое место среди других [illegible] в этой области 10 лет назад сделаны открытия, сравнимые [illegible] чению с открытием в физике радиоактивности и [illegible] атомного ядра. Благодаря «прорыву» в области биохимии начался бурный прогресс биологии по всему фронту и эта наука, долгое время считавшаяся отсталой по сравнению с такими областями знания, как физика и химия, в короткий срок стала одной из наиболее продвинутых.

Химический состав клетки. У разных клеток обнаруживается сходство не только в строении, но и в химическом составе. Это указывает на общность происхождения клеток.

Данные об элементарном составе клеток представлены на таблице.

Содержание химических элементов в клетке (в процентах)

Кислород	65—75	Сера	0,15—0,2
Углерод	15—18	Фосфор	0,20—1,00
Водород	8—10	Хлор	0,05—0,10
Азот	1,5—3,0	Магний	0,02—0,03
Калий	0,15—0,4	Натрий	0,02—0,03
Кальций	0,04—2,00	Медь	0,0002
Железо	0,01—0,015	Йод	0,0001
Цинк	0,0003	Фтор	0,0001

Как видно из таблицы, в состав клеток входит много различных элементов. Из 104 элементов периодической системы Менделеева в клетках обнаружено около 60. Следует подчеркнуть, что живая клетка состоит из тех же элементов, что и неживые объекты. Это указывает на связь и единство живой и неживой природы.

Элементы, входящие в состав клетки, удобно разделить на три группы. В первую группу входят 4 элемента: кислород, углерод, водород и азот. Содержание этих элементов в клетке наиболее велико. На их долю приходится почти 98% всего состава клетки. Следующую группу образуют элементы, содержание которых в клетке исчисляется десятыми и сотыми долями процента. Таких элементов 8: калий, сера, фосфор, хлор, магний, натрий, кальций и железо. В сумме они составляют примерно 1,9%. К третьей группе относятся все остальные элементы. Они содержатся в клетке в исключительно малых количествах (менее 0,01%). Их называют поэтому **микроэлементами**.

На атомном уровне различий между химическим составом органического и неорганического мира нет. Различия обнаруживаются на более высоком уровне организации — на молекулярном. Конечно, не все соединения, содержащиеся в клетке, специфичны для живой природы. Такие вещества, как вода или соли, распространены и вне живого. Но в организмах и продуктах их жизнедеятельности уже давно обнаружено присутствие большого числа углеродсодержащих соединений, характерных только для организмов. Эти соединения и называются поэтому органическими. Содержание основных химических соединений, обнаруженных в клетках, представлено на таблице.

Содержание в клетке химических соединений (в процентах)

Вода	70—85	Нуклеиновые кислоты	1—2
Белки	10—20	АТФ и другие низкомолекулярные органические вещества	0,1—0,5
Жиры	1—5		
Углеводы	0,2—2,0	Неорганические вещества	1,0—1,5

Вода. Из таблицы видно, что среди веществ клетки на первом месте (по массе) стоит вода. Содержание воды в разных клетках колеблется; обычно она составляет около 80% их веса. Высокое содержание воды в клетке — необходимое условие ее жизненной активности. Чем выше содержание воды в клетке, тем интенсивнее ее жизнедеятельность. Так, в быстрорастущих клетках эмбрионов человека и животных содержится около 95% воды. В клетках взрослого организма воды до 80%, а к старости снижается до 60%. Высокоактивные клетки мозга содержат [illegible] воды, а в малоактивных клетках жировой ткани содержание воды [illegible]. Смерть в результате лишения воды наступает [illegible], чем от отсутствия пищи. Потеря более 20% веса за счет воды для человека смертельна.

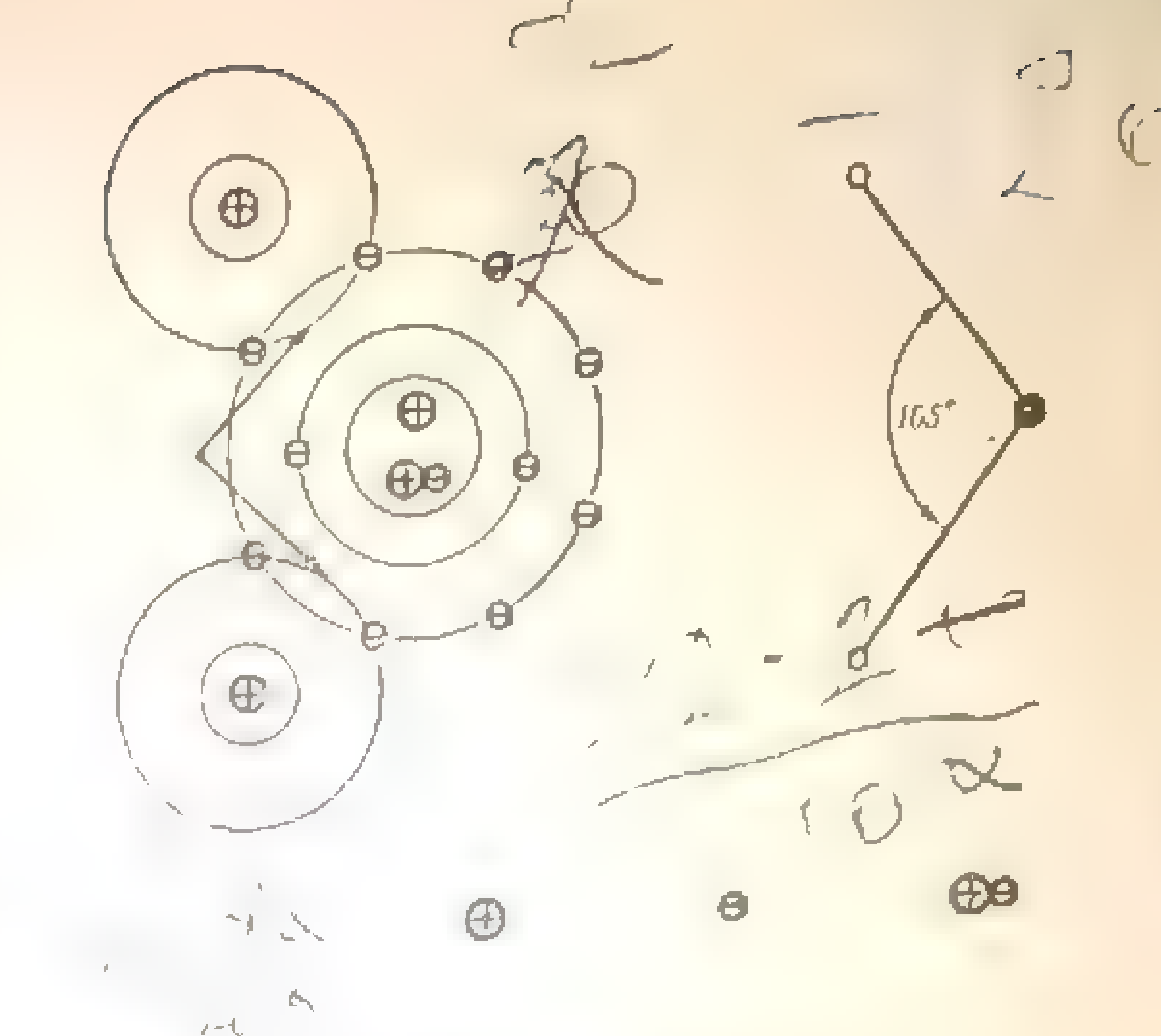


Рис. 83. Схема строения молекулы воды.

Роль воды в клетке [illegible]. Вода определяет многие физические свойства клетки — [illegible], упругость. Весьма существенна роль воды как растворителя. Многие вещества поступают в клетки в водном растворе, и в водном же растворе отработанные продукты выводятся из клеток. Большинство химических реакций, протекающих в клетке, может идти только в водном растворе. Далее, вода непосредственно участвует во многих химических реакциях клетки. Так, например, расщепление белков, жиров, углеводов и других веществ происходит в результате химического взаимодействия этих веществ с водой. Наконец, вода играет существенную роль в распределении и отдаче тепла в клетке.

Для понимания биологических свойств воды необходимо рассмотреть некоторые особенности ее внутримолекулярной структуры.

По данным рентгеноструктурного анализа оба атома водорода в молекуле воды расположены на равном расстоянии от атома кислорода (0,99 Å), но не на одной линии с ним, а образуя угол, равный 105° (рис. 83). В целом молекула воды электронейтральна, но электрический заряд внутри молекулы распределен неравномерно: со стороны атомов водорода преобладает положительный заряд; со стороны же кислородного атома более высока плотность отрицательного заряда. Частица воды, таким образом, полярна, т. е. имеет два полюса: положительный и отрицательный. Такая особенность структуры воды объясняет способность ее притягиваться к различным молекулам и частям молекул, несущим заряд, в результате чего образуются

гидраты. Способностью воды образовывать гидраты объясняются ее выдающиеся свойства как растворителя.

С полярностью молекул воды связана способность ее образовывать водородные связи. Водородная связь возникает в результате притяжения протона молекулы воды к свободной паре электронов атома кислорода соседней молекулы воды. В жидкой воде благодаря тепловому движению молекул водородные связи между молекулами воды то возникают, то рвутся. При охлаждении, когда энергия теплового движения станет меньше энергии водородных связей, последние образуются между всеми молекулами воды. Возникает правильная, характерная для льда шестигранная молекулярная структура.

Образование водородных связей между молекулами воды оказывает существенное влияние на многие ее свойства.

Высокая удельная теплоемкость воды объясняется поглощением энергии, идущей на разрыв водородных связей. Это имеет значение для регуляции тепла в клетке. При охлаждении или повышении температуры внешней среды тепло поглощается или выделяется благодаря разрыву или новообразованию водородных связей между молекулами воды. Таким образом, колебания температуры внутри клетки, несмотря на резкие ее изменения во внешней среде, смягчаются.

Выше указывалось на важную роль воды как растворителя. В воде растворяются очень многие вещества: соли, различные органические вещества — белки, углеводы и т. д. Вещества растворяются в том случае, если энергия притяжения молекул воды к молекулам вещества оказывается больше, чем энергия притяжения между молекулами воды. Вещества, у которых энергия притяжения к воде высокая и, следовательно, растворимость особенно большая, называются гидрофильными («гидро» — вода, «филео» — люблю, *греч.*). Существует небольшая группа веществ, трудно или практически почти совсем нерастворимых в воде. К ним относится большинство неполярных веществ: жиры, липоиды, каучук, парафин и др. Энергия притяжения молекул воды к неполярным молекулам оказывается меньшей, чем энергия водородных связей. Вещества, у которых энергия притяжения к воде особенно слабая и растворимость соответственно очень низкая, называются гидрофобными («гидро» — вода, «фобос» — страх, *греч.*).

Нерастворимость гидрофобных веществ в воде используется клеткой: в состав клеточных мембран входят неполярные вещества (липоиды), ограничивающие переход воды из наружной среды в клетку и обратно, а также из одних участков клетки в другие.

Неорганические составные части клетки. Из химических элементов, входящих в состав клеток, часть участвует в построении органических соединений, другая часть находится в виде неорганических веществ. Из углерода, водорода и кислорода состоят углеводы и жиры. Во все белки и нуклеиновые кислоты, кроме этих элементов, входит азот. Многие белки содержат серу. Фосфор — составная часть нуклеиновых кислот, железо входит в состав гемоглобина, магний содержится в хлорофилле, йод участвует в построе-

нии молекулы тироксина (гормона щитовидной железы), кобальт входит в состав витамина B_{12} и т. д.

Из неорганических веществ клетки большая часть находится в виде солей. Наиболее важны из катионов: K^+, Na^+, Ca^{2+} и Mg^{2+}; из анионов: HPO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$, Cl^-, HCO_3^-.

Содержание катионов и анионов в клетке и в среде ее обитания, как правило, резко различно. Так, внутри клетки довольно высокая концентрация калия и очень [illegible] натрия. Напротив, в среде, окружающей клетку, — в [illegible] воде — мало калия и довольно высокая концентрация [illegible]. В [illegible] клетках содержание калия в 30 раз [illegible] же натрия в 10 раз меньше, чем [illegible] различие в концентрации K и Na [illegible] поддерживается. После смерти клетки [illegible] в среде быстро выравнивается.

Наличие в клетке и [illegible] ионов имеет важное значение для [illegible] клетки. В отсутствие ионов клетка [illegible] и погибает.

Минеральные вещества [illegible] в растворенном, но и в твердом [illegible] и твердость костной ткани, а также раковин моллюсков обязаны присутствию в них нерастворимого фосфорнокислого кальция.

Если в среде, [illegible] в недостаточном количестве элементы P, Fe, [illegible] I, [illegible] Zn и др., то нарушается образование [illegible] кислот, гемоглобина, хлорофилла, [illegible] и др. и в результате возникают [illegible] роста и развития.

Вопросы и задания

1. Какие 4 элемента содержатся в клетках в наибольшем количестве? 2. [illegible] микроэлементы [illegible]? 3. Какие особенности структуры [illegible]? 4. Какие вещества [illegible]? [illegible] ры. 5. Какие неорганические ионы содержатся в клетке?

§ 33. Белки

Из плотных веществ клетки на первом месте по количеству (см. таблицу на стр. 136) и значению стоят белки. Белки имеют другое название — протеины ([illegible]), что подчеркивает их первостепенное значение для жизни.

В отличие от обычно встречающихся органических веществ белки обладают рядом существенных особенностей. Прежде всего у них огромный молекулярный вес. Молекулярный вес такого органического вещества, как этиловый спирт, равен 46, уксусной кислоты — 60, бензола — 78 и т. д. Молекулярный же вес одного из белков яйца равен 36 000; молекулярный вес одного из белков мышц достигает

1 500 000. Ясно, что по сравнению с молекулами спирта или бензола и многих других органических соединений молекула белка — великан. В ее построении участвуют тысячи атомов. Для того чтобы подчеркнуть гигантские размеры такой молекулы, ее обычно называют макромолекулой («макрос» — большой, *греч.*).

Среди органических соединений белки самые сложные. Они относятся к группе соединений, называемых полимерами. Молекула любого полимера представляет собой длинную цепь, в которой многократно повторяется одна и та же сравнительно простая структура, называемая мономером. Если обозначить мономер буквой А, то структура полимера может быть записана так: А—А—А—А—А—А—А. В природе, кроме белков, существует много других полимеров, например: целлюлоза, крахмал, каучук, нуклеиновые кислоты и др. В последние годы химиками создано множество искусственных полимеров: полиэтилен, капрон, лавсан и др. Большинство природных полимеров и все искусственные построены из одинаковых мономеров, и их структура именно такая, как на приведенной выше схеме. *Белки же в отличие от обычных полимеров построены хотя и из сходных по структуре, но не вполне одинаковых мономеров.*

Мономерами белка являются аминокислоты. В составе белковых полимеров обнаружено 20 различных аминокислот. Каждая аминокислота имеет особое строение, свойства и название. Для того чтобы понять, в чем состоит сходство между аминокислотами и чем они отличаются друг от друга, ниже даны формулы лейцина и тирозина.

$$\begin{array}{c} HC \quad CH_3 \\ \diagdown \; \diagup \\ CH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ H-C-NH_2 \\ | \\ COOH \end{array}$$

Лейцин

$$\begin{array}{c} C-OH \\ HC \diagup \quad \diagdown CH \\ \| \qquad \| \\ HC \diagdown \quad \diagup CH \\ C \\ | \\ CH_2 \\ | \\ H-C-NH_2 \\ | \\ COOH \end{array}$$

Тирозин

Как видно из формул, в каждой аминокислоте содержится одна и та же группировка:

$$\begin{array}{c} | \\ H-C-NH_2 \\ | \\ COOH \end{array}$$

В нее входит аминогруппа (NH_2) и карбоксильная группа (COOH). Наличие обеих этих групп в аминокислотах придает им амфотерные свойства, так как аминогруппе присущи основные (щелочные) свойства, а карбоксилу — кислотные. Содержанием аминогруппы и карбоксильной сходство между аминокислотами и ограничивается. Остальная часть молекулы у них разная и называется радикалом.

Радикалы у разных аминокислот самые различные; у одних — углеводородные цепи, у других — бензольные кольца и т. д.

Рис. 81. Схема образования фрагмента молекулы белка.

пептидные связи

Сцепление [illegible] белкового полимера происходит через общую [illegible], как показано на рисунке 81. Из аминогруппы [illegible] и карбоксила другой выделяется молекула [illegible] освободившихся валентностей остатки аминокислот соединяются. **Между соединившимися аминокислотами возникает связь NH — CO, называемая пептидной связью, а образовавшееся соединение называется пептидом.** Из двух аминокислот образуется дипептид (димер), из трех аминокислот таким же образом [illegible] трипептид (тример), из многих — полипептид (полимер). [illegible] белок и представляет собой полипептид, т. е. цепь из [illegible] сотен аминокислотных звеньев. Белки различаются [illegible] собой и по составу аминокислот, и по числу аминокислотных [illegible], и по порядку следования их в цепи. Если обозначить каждую аминокислоту буквой, получится алфавит из 20 букв. Попробуйте теперь составить из этих букв фразы из 100, 200, 300 букв. Каждая такая фраза и будет соответствовать какому-нибудь одному белку. Достаточно переставить одну букву — и смысл фразы исказится, получится новая фраза и соответственно новый изомер белка. Легко себе представить, какое гигантское число вариантов можно при этом получить. Действительно, число различных белков, содержащихся в клетках животных и растений, исключительно велико.

Строение молекулы белка. Если учесть, что размер каждого аминокислотного звена составляет около 3 Å, то очевидно, что макромолекула белка, которая состоит из нескольких сот аминокислотных звеньев, должна была бы представлять собой длинную нить. В действительности же макромолекулы белка имеют вид шариков (глобул). Следовательно, в нативном белке («нативус» — природный, *лат.*)

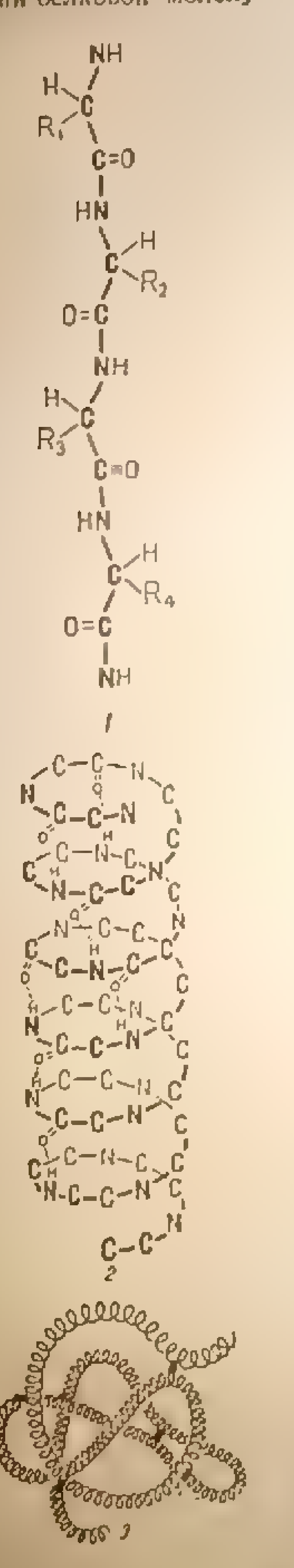


Рис. 85. Разные уровни организации белковой молекулы.

полипептидная цепь каким-то образом закручена, как-то уложена. Исследования показывают, что в укладке полипептидной цепи нет ничего случайного или хаотического, каждому белку присущ определенный, всегда постоянный характер укладки. В сложной структуре белковой макромолекулы различают несколько уровней организации. Первым, наиболее простым из них является сама полипептидная нить, т. е. цепь аминокислотных звеньев, связанных между собой пептидными связями (рис. 85, 1). Эта структура называется *первичной структурой* белка; в ней все связи ковалентные, т. е. самые прочные химические связи. Следующим, более высоким уровнем организации является *вторичная структура*, где белковая нить закручивается в виде спирали. Витки спирали располагаются тесно, и между атомами и аминокислотными радикалами, находящимися на соседних витках, возникает притяжение. В частности, между пептидными связями, расположенными на соседних витках, образуются водородные связи (между NH- и CO-группами). Полипептидная спираль, «прошитая» многочисленными водородными связями, представляет достаточно устойчивую структуру (рис. 85,2).

Вторичная структура белка подвергается дальнейшей укладке. Полипептидная спираль свертывается весьма причудливо, но вполне определенно и у каждого белка своеобразно (рис. 85,3). В результате возникает сложная конфигурация, называемая *третичной структурой белка*. Связи, укрепляющие третичную структуру белковой макромолекулы, многочисленны и разнохарактерны. На первом месте стоят ковалентные — S — S-связи (эс-эс-связи — дисульфидные связи). Эти связи возникают между остатками аминокислоты цистеина. Они прочно «сшивают» между собой далеко отстоящие друг от друга участки полипептидной цепи. Кроме

—S—S-связей, важную роль в поддержании третичной структуры играют многочисленные «слабые» связи, возникающие в результате взаимодействия аминокислотных радикалов.

К «слабым» связям принадлежат *электростатические* силы притяжения, действующие между противоположно [illegible]. К «слабым» же связям относятся так называемые *гидрофобные* [illegible] притяжение между неполярными молекулами [illegible] что у ряда аминокислот радикалы пред[illegible] притягиваются друг к другу по той же причине [illegible] собирается в капельки. К «слабым» [illegible] речь выше. Конечно, и электростатические, и гидрофобные, и водородные связи много слабее ковалентных связей. Но слабая связь, повторенная многократно, в сумме может дать немалую энергию [illegible].

Благодаря [illegible] уникальной структуры [illegible] ее устойчивость и, вместе с тем, высокая ее подвижность.

Выяснение всех деталей [illegible], т. е. полная характеристика ее [illegible] структуры, — очень сложная [illegible] ряда белков эти данные уже получены [illegible] структура белка рибонуклеазы [illegible] белков, структура которого [illegible] из таблицы, первичная [illegible] 124 аминокислотными остатками [illegible] пептидной цепи [illegible] NH₂-группу (N — конец цепи), последней аминокислотой считается аминокислота, сохранившая карбоксильную [illegible]. Таким образом, первая по счету [illegible] — глутаминовая кислота [illegible] переставить одну аминокислоту [illegible] возникает другой белок с другими свойствами.

Для упрощения [illegible] закручивается в спираль полипептидная цепь [illegible] структура изображена в плоскости бумаги. Обратите [illegible] между 26-й и 87-й аминокислотами, между 66-й и [illegible] 111-й, между 40-й и 97-й. В этих местах между [illegible] на удаленных участках полипептидной цепи, образуются —S—S-связи.

Денатурация белка. Чем [illegible] белка, тем слабее поддерживающие его связи. Под влиянием различных физических и химических факторов — высокой температуры, действия химических веществ, лучистой энергии и др. — слабые связи рвутся, структуры белка — третичная, вторичная — деформируются, разрушаются и свойства его изменяются. Нарушение нативной

---

[1] В 1969 году рибонуклеаза была синтезирована. Цепочка фермента наращивали по одному аминокислотному остатку. Когда цепочка белка была собрана, она самопроизвольно свернулась в клубок и обнаружила все свойства нативного фермента.

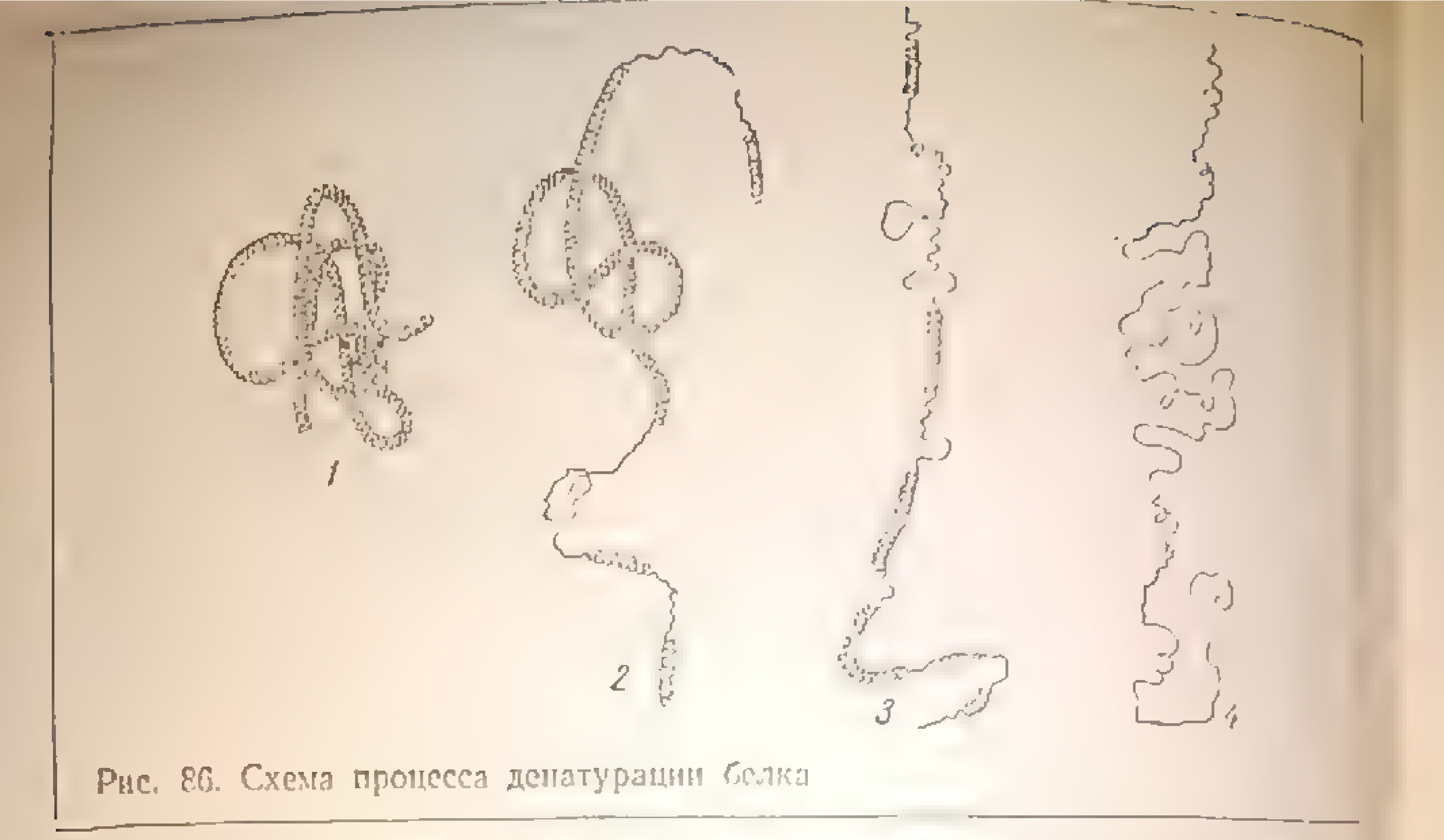


Рис. 86. Схема процесса денатурации белка

уникальной структуры белка называется денатурацией. Степень денатурации белка зависит от интенсивности воздействия на него различных факторов: чем интенсивнее воздействие, тем глубже денатурация.

При слабом воздействии изменение белка может ограничиться частичным развертыванием третичной структуры. При более сильном воздействии макромолекула может развернуться полностью и остаться в форме своей первичной структуры (рис. 86).

Разные белки сильно отличаются друг от друга по легкости, с какой они денатурируются. Денатурация яичного белка происходит, например, при 60—70°, а сократительный белок мышц денатурируется около 45°. Многие белки денатурируются от действия ничтожных концентраций химических веществ, а некоторые даже от незначительного механического воздействия.

Как показывают исследования, процесс денатурации обратим, т. е. денатурированный белок может перейти обратно в нативный. Даже полностью развернутая макромолекула белка способна восстановить свою структуру. *Отсюда следует, что все особенности строения макромолекулы нативного белка определяются его первичной структурой*, т. е. составом аминокислот и порядком их следования в цепи.

Роль белков в клетке. Значение белков для жизни велико и многообразно. На первом месте стоит их с и г н а л ь н а я ф у н к ц и я. Исследования показывают, что любой фактор внешней и внутренней среды — температурный, химический, лучевой, механический и т. д. — при действии на клетку вызывает обратимую денатурацию ее белков. Эти изменения вызывают внутриклеточные химические реакции, обеспечивающие ответ клетки на действие внешних и внутренних агентов. Таким образом, белки клетки осуществляют прием сигналов, идущих из внешней и внутренней среды. Способность белков

клетки к изменению своей структуры под влиянием факторов внешней и внутренней среды лежит в основе одного из наиболее важных свойств клетки — ее раздражимости.

Кроме сигнальной функции, белки выполняют в клетке много других функций. Исключительное значение имеет к а т а л и т и ч е с к а я ф у н к ц и я б е л к о в. Скорость химической реакции зависит от природы реагирующих веществ и от их концентрации. Химическая активность клеточных веществ, как правило, невелика. Концентрации их в клетке большей частью незначительны. Таким образом, реакции в клетке должны были бы протекать бесконечно медленно. Между тем [illegible], что химические реакции в клетке идут со значительной скоростью. [illegible] благодаря наличию в клетке [illegible] катализаторы — белки. Они [illegible], их называют ферментами. [illegible] ферментов необычайно [illegible]. Так, например, [illegible], катализирующий реакцию распада перекиси водорода, ускоряет эту реакцию в 10^{11} раз. По химической структуре ферменты ничем не отличаются от белков, не обладающих ферментативными функциями, те и другие построены из обычных аминокислот, те и другие обладают вторичной, третичной и т. д. структурами. В [illegible] ферменты катализируют превращение веществ, [illegible] сравнительно с макромолекулами ферментов [illegible]. Например, фермент каталаза имеет молекулярный вес [illegible] перекиси водорода, распад которой [illegible], всего 34. Такое соотношение между [illegible] субстрата (вещества, на которое действует фермент) наводит на мысль, что каталитическая активность ферментов определяется не всей его молекулой, а каким-то небольшим ее участком. Этот участок называется *активным центром* фермента. По-видимому, активный центр представляет собой какое-то сочетание групп, [illegible] на расположенных рядом полипептидных цепях в [illegible] структуре фермента. Такое представление хорошо объясняет тот факт, что при денатурации фермента он лишается своей каталитической [illegible]. [illegible], что при нарушении третичной структуры [illegible] полипептидных цепей изменяется, структура активного центра искажается и фермент лишается активности. Почти каждая химическая реакция в клетке катализируется своим особым ферментом. Структура активного центра и структура субстрата точно соответствуют друг другу. Они подходят друг к другу наподобие того, как ключ подходит к замку. Благодаря наличию пространственного соответствия между структурой активного центра фермента и структурой субстрата они могут тесно сблизиться между собой, что и обеспечивает возможность реакции между ними.



Кроме сигнальной и каталитической функций, очень важна д в и г а т е л ь н а я ф у н к ц и я б е л к о в. Все виды движений, к которым способны клетки и организмы, — сокращение мышц у высших животных, мерцание ресничек у простейших, двигательные

реакции растений (например, мимозы) и др. — выполняются особыми сократительными белками.

Еще одна функция белков — **транспортная**. Белок крови гемоглобин присоединяет [кислород и разносит его по всему телу.

При введении чужеродных веществ или клеток в организм в нем происходит выработка особых белков, называемых антителами, которые связывают и обезвреживают чужеродные вещества. В этом случае белки выполняют **защитную функцию**.

Немаловажно **значение белков и как источника энергии** для осуществления различных форм клеточной активности. Белки распадаются в клетке до аминокислот. Часть аминокислот употребляется для синтеза белков, другая часть подвергается глубокому расщеплению, в ходе которого освобождается энергия. При расщеплении 1 *г* белка освобождается 4,2 *ккал*.

Наконец, белки представляют **структурный материал клетки**. Белки участвуют в построении внешней оболочки клетки, внутриклеточных мембран. У высших организмов из белков образованы кровеносные сосуды, роговица глаза, сухожилия, хрящи, волосы.

Таким образом, *кроме сигнальной, каталитической, двигательной, транспортной, защитной и энергетической функций, белкам принадлежит еще и структурная функция.*

Вопросы и задания

1. Чем отличаются белки как полимеры от других полимеров, например от крахмала или целлюлозы? 2. Что называется первичной, вторичной, третичной структурами белка? Какие связи поддерживают эти структуры? 3. Что называется денатурацией белка? 4. На каком основании приходят к выводу о том, что все особенности структуры белка определяются его первичной структурой? 5. Что называется ферментом? 6. Что называется активным центром фермента? 7. Охарактеризуйте значение белков для жизни.

§ 34. Углеводы

В животной клетке углеводы содержатся в меньшем количестве, чем в растительной клетке. В клетках печени и мышцах содержание углеводов наиболее высокое. Особенно богаты углеводами растительные клетки. В листьях, семенах, клубнях картофеля и т. д. углеводы составляют почти 90% массы.

Углеводы представляют собой органические соединения, в состав которых входят углерод, водород и кислород.

Углеводы разделяются на простые и сложные. Простые углеводы называются иначе моносахаридами, сложные — полисахаридами. Полисахариды представляют полимеры, в которых роль мономеров играют моносахариды.

Моносахариды. Для того чтобы иметь представление о химическом строении моносахаридов, приводим структурную формулу одного из них:

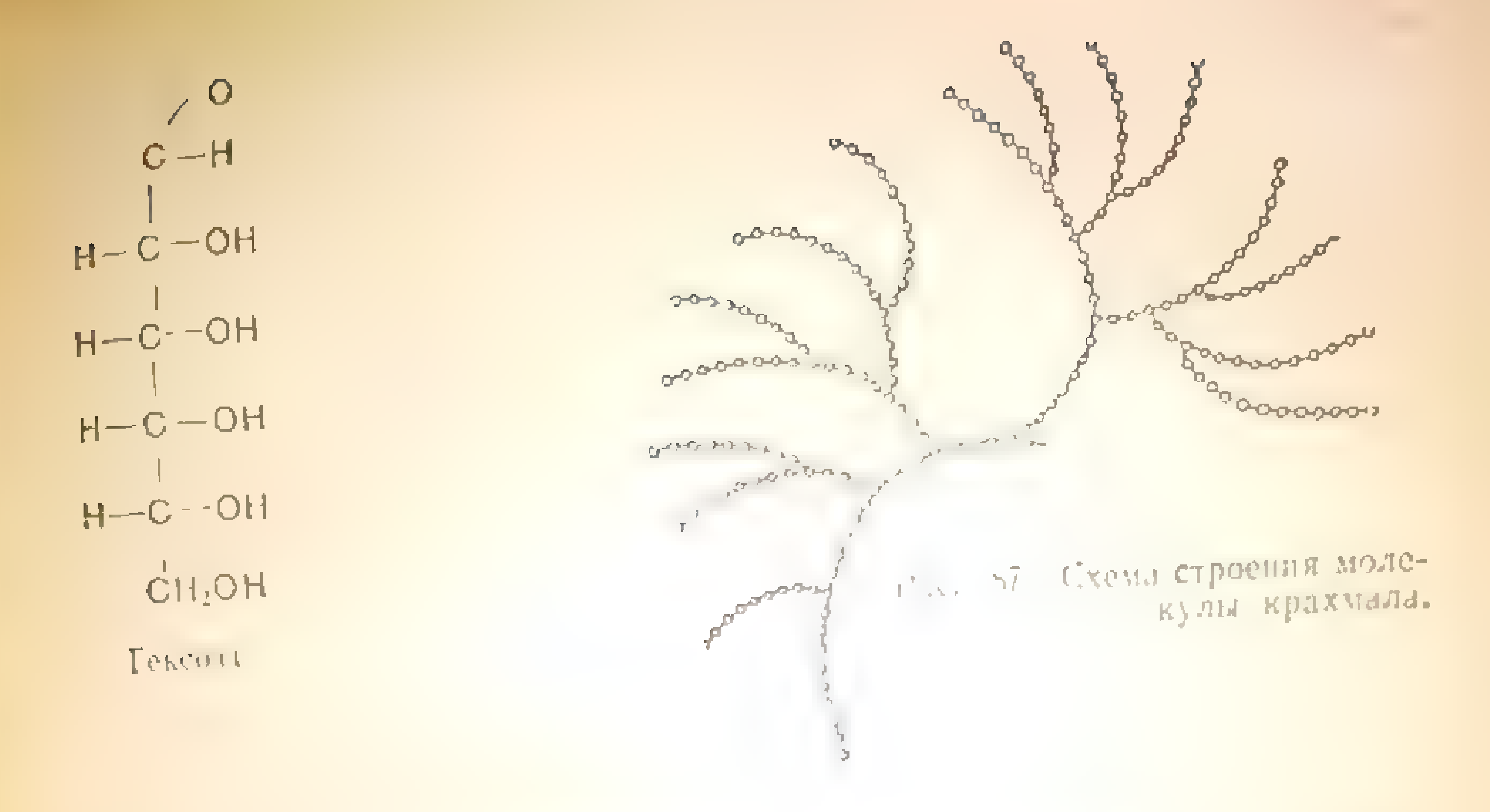


Рис. 57. Схема строения молекулы крахмала.

Названия моносахаридов [illegible] Корнем слова служит число С-атомов в [illegible] моносахарида. Таким образом, [illegible] пентоза, «гексоза» и т. д. указывает [illegible] в молекуле моносахарида, а название [illegible] этого моносахарида («глюкоза» — сладкий [illegible] — в содержание этого моносахарида в фруктах [illegible]).

Все моносахариды [illegible] растворимы в воде, почти все они обладают приятным сладким вкусом.

Самые распространенные моносахариды — гексозы, пентозы и триозы. Из гексоз особенно важны [illegible] и галактоза. Глюкоза и фруктоза содержатся [illegible] фруктах в свободном состоянии. Сладкий вкус [illegible], а также меда зависит от присутствия в них [illegible]. Глюкоза содержится также в крови (0,1%) [illegible] и галактоза входят в состав многих ди- и полисахаридов. [illegible] рибоза и дезоксирибоза. Обе они в свободном состоянии не встречаются. Они входят в состав нуклеиновых кислот и АТФ.

Полисахариды. Из двух моносахаридов образуется дисахарид, из трех — трисахарид, из многих — полисахарид. Ди- и трисахариды, подобно моносахаридам, хорошо растворимы в воде, обладают сладким вкусом. С увеличением числа мономерных звеньев растворимость полисахаридов уменьшается, сладкий вкус исчезает.

Из дисахаридов всем известен пищевой сахар, называемый часто также тростниковым сахаром, свекловичным сахаром или сахарозой. Сахароза образована из молекулы глюкозы и молекулы фруктозы. Широко распространен молочный сахар, содержащийся в молоке всех млекопитающих. Молочный сахар образован из молекулы глюкозы и молекулы галактозы. Из полисахаридов самый важный и

широко распространенный — крахмал. Мономер крахмала — глюкоза. В отличие от обычных полимеров, в которых мономерные звенья следуют друг за другом и образуют вытянутую цепь, крахмал представляет собой ветвистый полимер (рис. 87). Со структурой крахмала сходна структура гликогена, содержащегося в печени и мышцах животных. Мономером гликогена, как и крахмала, служит глюкоза.

Самый распространенный в природе углевод — клетчатка (целлюлоза). Древесина — почти чистая целлюлоза. По своей структуре целлюлоза — это обычный вытянутый в длинную цепь полимер. Мономер целлюлозы — глюкоза: каждая молекула целлюлозы состоит примерно из 150—200 молекул глюкозы.

Биологическая роль углеводов. Углеводы играют роль источников энергии, необходимой для осуществления клеткой различных форм активности. Любая деятельность — движение, секреция, биосинтез, свечение и т. д. — нуждается в затрате энергии. Углеводы подвергаются в клетке глубокому расщеплению и окислению и превращаются в простейшие продукты: CO_2 и H_2O. В ходе этого процесса освобождается энергия. При полном расщеплении и окислении 1 *г* углеводов освобождается 4,2 *ккал*.

Кроме энергетической роли, углеводы выполняют и строительную функцию: из углевода клетчатки состоят стенки растительных клеток.

Вопросы и задания

1. Какие типы углеводов содержатся в клетке? 2. Охарактеризуйте биологическую роль углеводов.

§ 35. Жиры и липоиды

Содержание жира в клетках обычно невелико и составляет 5—15% от их массы. Существуют, однако, клетки, содержание жира в которых составляет почти 90%. Эти клетки содержатся в жировой ткани. У животных жировая ткань находится под кожей и в сальнике. Жир содержится в молоке всех млекопитающих животных, причем у некоторых из них содержание жира в молоке достигает 40% (у самки дельфина). У ряда растений большое количество жира сосредоточено в семенах, в плодах, например: у подсолнечника, грецкого ореха.

Наиболее примечательным свойством жира является его резко выраженный гидрофобный характер, т. е. неспособность растворяться в воде. Для растворения жира применяются неводные растворители: бензин, эфир, ацетон.

С химической стороны жиры представляют собой соединения глицерина (трехатомного спирта) с высокомолекулярными органическими кислотами. Остаток глицерина, содержащийся в жире, обладает гидрофильными свойствами, остатки же высокомолекулярных жирных кислот — три длинные углеводородные цепи — резко гидрофобны. Если на поверхность воды нанести каплю жира, она растекается по ней, образуя тончайший слой. Установлено, что в таком слое жира

к поверхности воды обращены гидрофильные остатки глицерина, а из воды частоколом торчат вверх углеводородные цепи. Таким образом, расположение молекул жира в водной среде самопроизвольно упорядочивается и определяется молекулярной структурой жира.

Кроме жира, в клетке обычно присутствует довольно большое число веществ, обладающих, как и жиры, сильно гидрофобными свойствами. Эти вещества [illegible] (от *липос* — жир, *эйдос* — вид, *греч.*).

По химической структуре некоторые липоиды сходны с жиром. К таким липоидам от[illegible] обнаружены во всех клетках. О[illegible]но много их содержится в желтке яйца, в клетках мозговой т[illegible]

Биологическая роль [illegible] П[illegible]о быть отмечено е о[illegible] продуктов углеводы, способны [illegible] (CO_2 и H_2O) [illegible] [illegible] [illegible] и растения откладывают ж[illegible] ходимости. Это имеет [illegible] в холодное время года в сп[illegible]е переходы через местность, лише[illegible] пустыне). Высокое содержан[illegible] обеспечения энергией развивающегося [illegible]епится и не начнет функционировать ко[illegible]

Кроме энергетич[illegible]олняют структурные и защитные ф[illegible][illegible]воримы в воде. Тончайший их слой входит в сос[illegible] мембран. Это создает препятствие для смеши[illegible] клетки с окружающей средой, а также содержимого [illegible]х частей клетки между собой.

Жир плохо проводит те[illegible]ется под кожей, образуя у некоторых животных ([illegible], китов) значительные скопления, толщиной до 1 *м*.

Вопросы и задания

1. Какие свойства жир[illegible] других [illegible] — [illegible] частей клетки? 2. К[illegible] поверхность воды? 3. Охарактеризуйте биологическую роль жира.

§ 36. Нуклеиновые кислоты. АТФ

Название «нуклеиновые кислоты» происходит от латинского слова «нуклеус», т. е. ядро: они впервые были обнаружены и выделены из ядер клеток. Существует два типа нуклеиновых кислот: дезоксирибонуклеиновые кислоты (сокращенно ДНК) и рибонуклеиновые кислоты (РНК). ДНК содержится почти исключительно в ядре клетки,

а РНК и в ядре, и в цитоплазме. Содержание ДНК в ядрах клеток строго постоянно, содержание РНК сильно колеблется.

Биологическое значение нуклеиновых кислот очень велико. Они играют центральную роль в синтезе белков клетки. Любая клетка возникает в результате деления материнской клетки. При этом дочерние клетки наследуют свойства и признаки материнской. Свойства же и признаки клетки определяются главным образом ее белками. ДНК и РНК, как это будет показано дальше, *обеспечивают синтез белков той же структуры и того же состава, которые имеются у материнской клетки.*

ДНК. По своей структуре ДНК представляет своеобразное, не похожее ни на одно известное в химии соединение. На рисунке 88 видно, что молекула ДНК состоит из двух спирально закрученных друг вокруг друга цепей. Ширина такой двойной спирали ДНК всего около 20Å, зато длина ее исключительно велика. Она может достигнуть нескольких десятков и даже сотен микрон. Для того чтобы оценить эту величину, учтем, что длина самой крупной белковой молекулы (в развернутом состоянии) не превышает 0,1 *мк*. Таким образом, длина молекулы ДНК в сотни и тысячи раз больше самой крупной



Рис. 89. Схема строения нуклеотида.

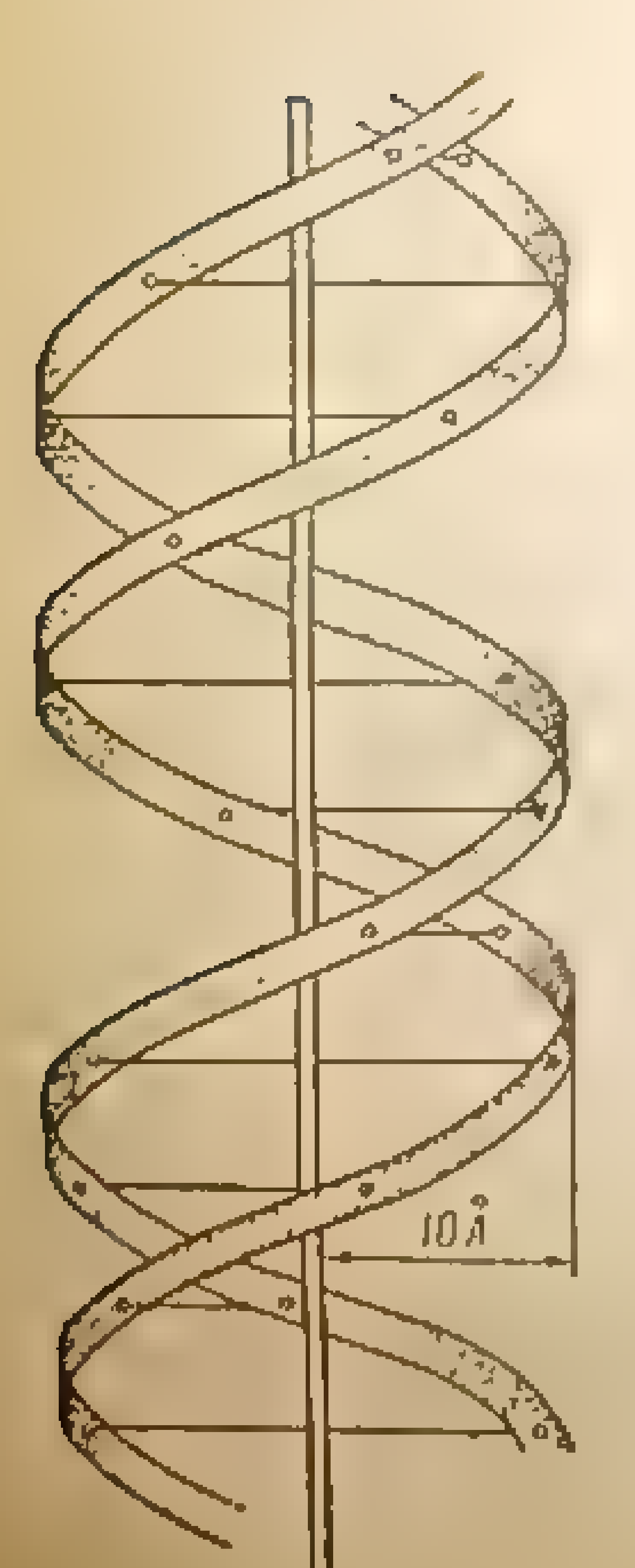


Рис. 88. Схема строения молекулы ДНК из двух спирально закрученных полинуклеотидных цепей.

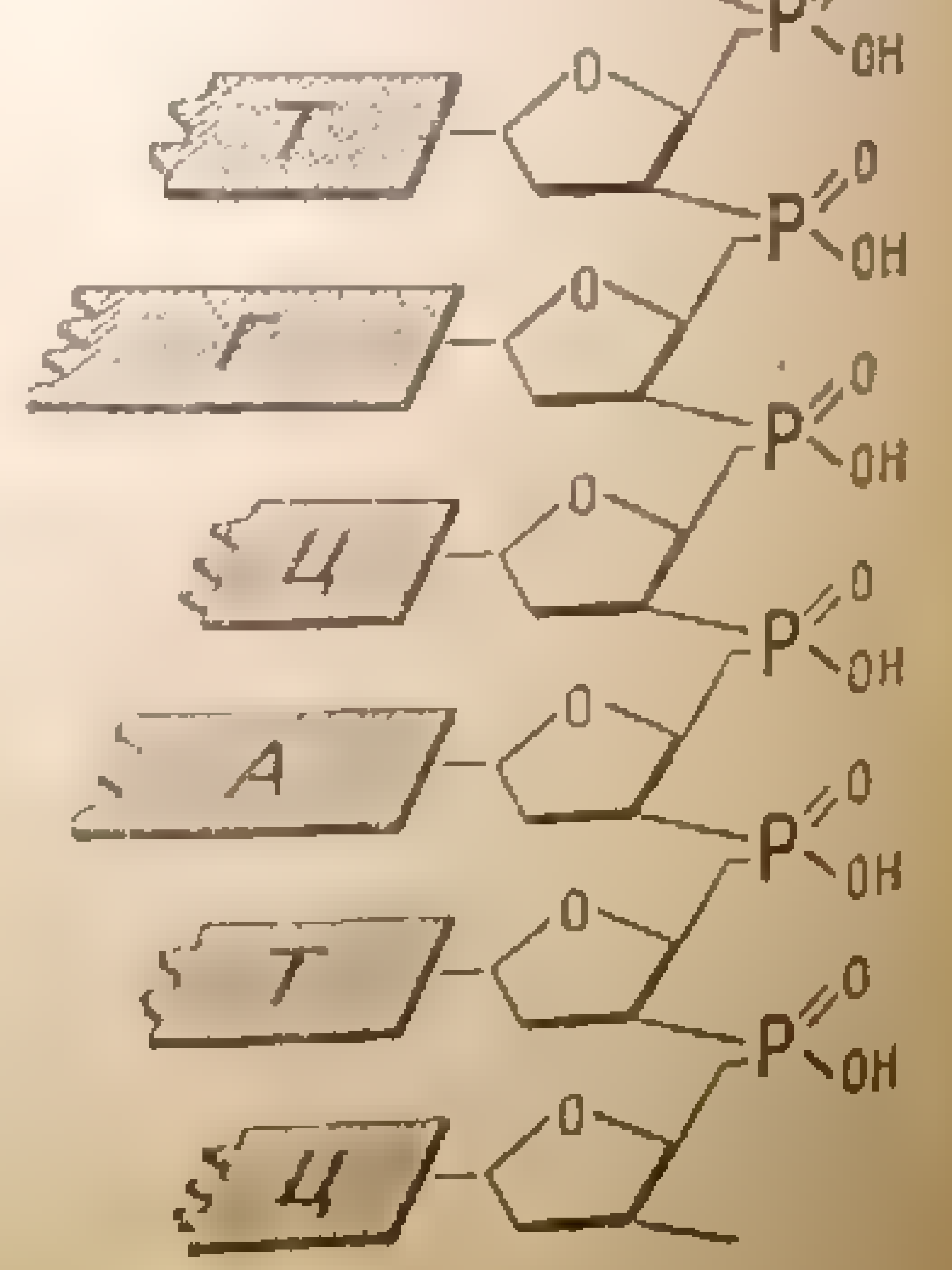


Рис. 90. Соединение нуклеотидов в нуклеотидную цепь.

белковой молекулы. Соответственно молекулярный вес ДНК гигантски велик: он составляет десятки и даже сотни миллионов. Эти цифры относятся к двойной спирали. На каждую цепь приходится половина веса.

С химической стороны каждая цепь ДНК — полимер, мономерами которого являются так называемые нуклеотиды. Для того чтобы представить себе, что такое нуклеотид, обратимся к схеме (рис. 89), из которой видно, что нуклеотид является продуктом химического соединения трех разных веществ: азотистого основания, простого углевода (пентозы) и фосфорной кислоты.

В состав ДНК [illegible] нуклеотидов. Они различаются между собой [illegible] азотистого основания. Остальная часть [illegible] одинаковы, поэтому и называют [illegible] по названию [illegible]. У первого нуклеотида [illegible] аденин, поэтому весь нуклеотид называют адениловым нуклеотидом (сокращенно А). Во втором нуклеотиде азотистое основание — гуанин, поэтому и нуклеотид называется гуаниловым нуклеотидом (Г). В третьем нуклеотиде азотистое [illegible] — тимин. Отсюда этот нуклеотид — тимидиловый [illegible]. В четвертом нуклеотиде азотистое основание [illegible] — цитозин, и нуклеотид — цитидиловый нуклеотид (Ц). [illegible] четырех нуклеотидах ДНК, нам [illegible].

Сцепление нуклеотидов [illegible] соединяются в цепь ДНК, происходит через [illegible] и дезоксирибозу. За счет гидроксила фосфорной кислоты [illegible] нуклеотида и гидроксила дезоксирибозы [illegible] молекула воды и остатки нуклеотидов [illegible] ковалентной связью (рис. 90). Из двух нуклеотидов [illegible] динуклеотид, из трех нуклеотидов — тринуклеотид [illegible] полинуклеотид. Каждая цепь ДНК и представляет [illegible] длинную цепь, в которой в строго определенном [illegible] ДНК всегда постоянном порядке следуют нуклеотиды [illegible] хотя бы один нуклеотид — и возникает [illegible] свойствами. Произведем несложный подсчет. Молекулярный вес одного нуклеотида в среднем равен 330. Молекулярный вес одной цепи ДНК примем равным 10 млн. Отсюда следует, что такая цепь состоит из 30 000 нуклеотидов. Хотя в строении ДНК участвуют всего 4 нуклеотида, но при таком огромном их числе, входящем в каждую цепь ДНК, нетрудно представить себе, какое гигантское число изомеров ДНК может существовать.

Познакомимся теперь, как располагаются друг относительно друга цепи ДНК, когда образуется спираль, и какие силы удерживают цепи между собой.

На рисунке 91 изображен небольшой участок двойной спирали ДНК. Азотистые основания одной цепи располагаются точно против азотистых оснований другой. Обратите внимание: в расположении противолежащих нуклеотидов нет ничего случайного: против А

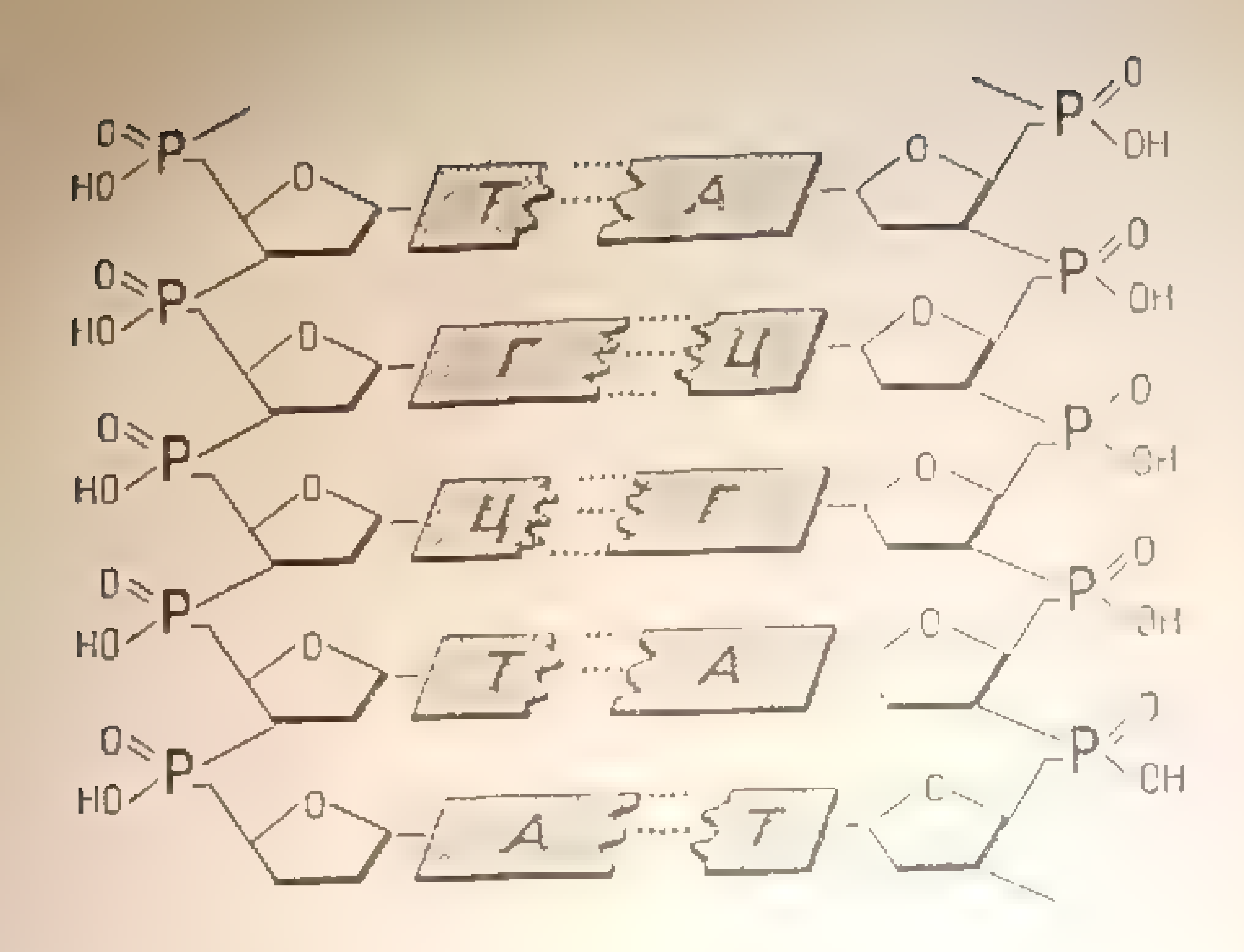


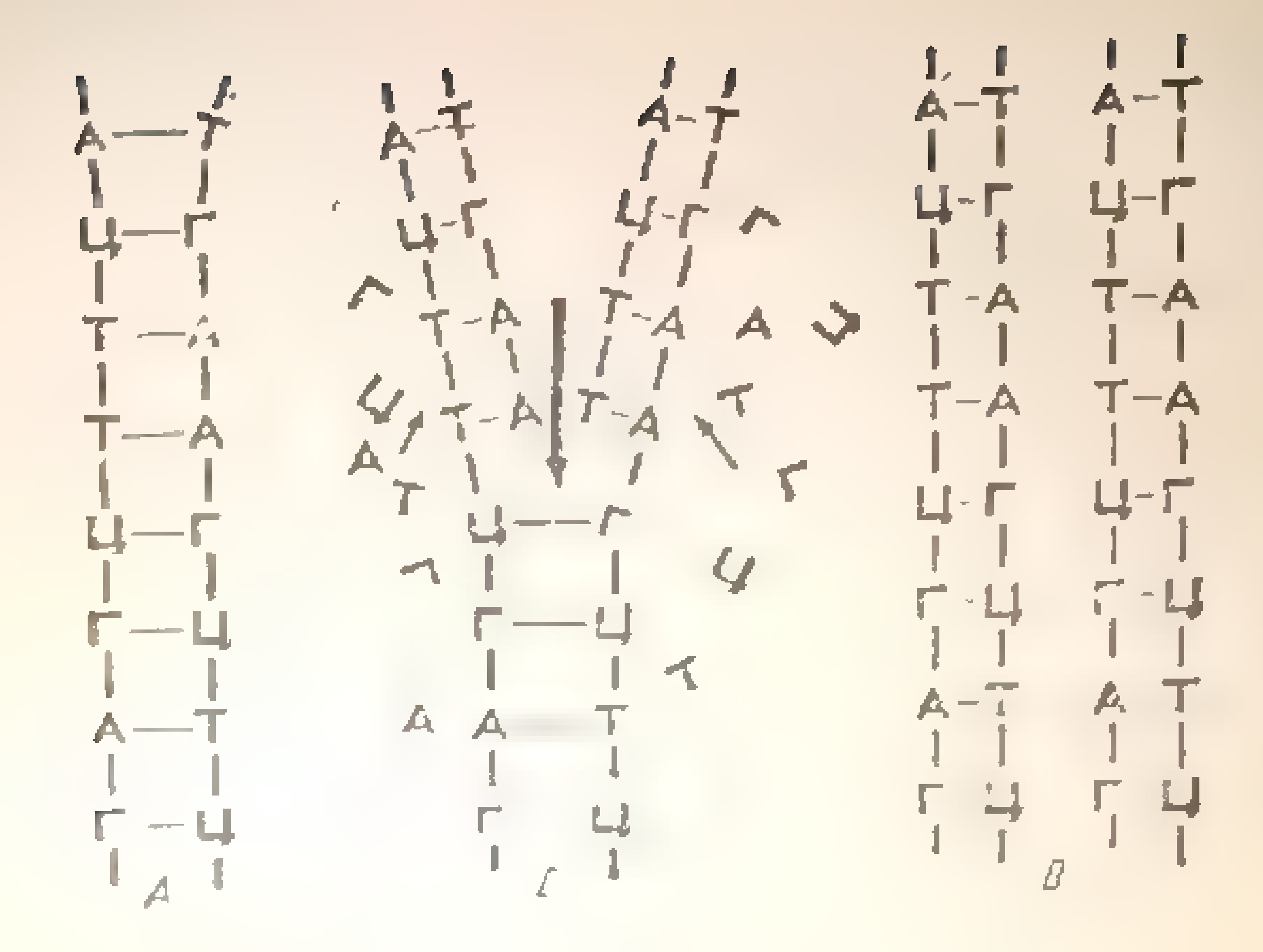
Рис. 91. Участок структуры ДНК. Комплементарное расположение нуклеотидов.

одной цепи оказывается всегда Т на другой цепи, а против Г только Ц на другой. Никаких других вариантов не бывает. Объясняется это тем, что в А и Т, так же как в Г и Ц, грани молекул азотистых оснований соответствуют друг другу геометрически (как две половинки разбитого стекла), поэтому они могут тесно сблизиться друг с другом и образовать между собой водородные связи. При этом между Г и Ц образуются 3 водородные связи, а между А и Т только 2. Связь Г—Ц, таким образом, более прочная, чем А—Т. Понятно теперь, почему говорят, что в паре А—Т, а также в паре Г—Ц один нуклеотид дополняет другой. Слово «дополнение» на латинском языке — «комплемент». Принято поэтому говорить, что Г является комплементарным нуклеотидом к Ц, а Ц — комплементарным к Г; А — комплементарен к Т, и, наоборот, Т комплементарен к А. Если на каком-нибудь участке цепи ДНК следуют один за другим нуклеотиды: А, Г, Г, Ц, Т, А, Ц, Ц, то на противолежащем участке другой цепи окажутся комплементарные к ним нуклеотиды: Т, Ц, Ц, Г, А, Т, Г, Г. Таким образом, если известен порядок следования нуклеотидов в одной цепи, то по принципу комплементарности сразу же выясняется порядок следования нуклеотидов в другой цепи.

Слабые связи, повторенные многократно, дают прочное соединение. Двойная спираль ДНК, «прошитая» многочисленными слабыми водородными связями, образует структуру, с одной стороны, достаточно устойчивую, а с другой стороны, подвижную: она легко раскручивается и легко восстанавливает свою двутяжевую структуру.

Почти вся ДНК содержится в ядре клетки. Содержание ДНК в ядрах отличается постоянством. В ядре любой клетки человека (кроме половых) содержится $6{,}6 \times 10^{-12}$ *г* ДНК, в ядрах половых клеток (яйцах, сперматозоидах) содержится ровно вдвое меньше ДНК — $3{,}3 \times 10^{-12}$ *г*.

Рис. 92. Схема редупликации ДНК.



Редупликация ДНК. П[illegible] [illegible]мент[illegible]рности, лежащий в основе стр[illegible] ДНК, [illegible] молекулы ДНК при делении клетки.

Этот синтез сопро[illegible] ДНК к удвоению и лежит в [illegible] от материнской клетки [illegible] молекул ДНК происходит в клетке незадолго перед ее делением.

Как это происходит [illegible] 92. Спиральная двутяжевая цепь ДНК нач[illegible]диться, и на каждой цепи из находя[illegible] свободных нуклеотидов собирается новая цепь. [illegible] в [illegible] соответствии с принципом [illegible] о А встает Т, против Г — Ц и т. д. В результ[illegible] ДНК [illegible] две молекулы такого же [illegible], как и первоначальная. Этот процесс [illegible], т. е. удвоением. Одна цепь в каждой [illegible] молекуле ДНК происходит из первоначальной моле[illegible], а другая синтезируется вновь.

Синтез ДНК представляет собой ферментативный процесс. Он осуществляется в результате деятельности фермента ДНК — полимеразы. ДНК только задает порядок расположения нуклеотидов, а процесс редупликации осуществляет белок-фермент. Предполагается, что белок-фермент как бы «ползет» вдоль длинной двуяжевой молекулы ДНК от одного конца до другого и позади себя оставляет раздвоенный «хвост» (рис. 92).

РНК. Существует несколько разных РНК. Они носят название в зависимости от выполняемой в клетке функции. Один вид РНК называется **транспортными РНК** (т-РНК), так как они транспортируют аминокислоты к месту синтеза белка. Другие РНК

называются информационными (и-РНК), эти РНК переносят информацию о структуре белка, который предстоит синтезировать.

Структура РНК очень сходна со структурой ДНК, однако имеются и отличия. В структуре РНК нет двойной спирали, по своему строению она сходна с одной из цепей ДНК. РНК, как и ДНК, — полимер. Ее мономерами, так же как и у ДНК, служат нуклеотиды. Нуклеотиды РНК близки, хотя и не тождественны, нуклеотидам ДНК. Так же как и нуклеотиды ДНК, нуклеотиды РНК состоят из остатков азотистого основания, пентозы и фосфорной кислоты. Азотистые основания в трех нуклеотидах РНК такие же, как у ДНК (аденин, гуанин и цитозин). В четвертом нуклеотиде вместо тимина присутствует очень близкий к нему по строению урацил, и нуклеотид называется урациловым (У). Нуклеотиды РНК отличаются от нуклеотидов ДНК и по характеру углевода: в нуклеотидах ДНК углеводом является дезоксирибоза, а в РНК — рибоза.

Характер соединения нуклеотидов при образовании цепей РНК такой же, как при образовании цепей ДНК: нуклеотиды сцепляются друг с другом ковалентными связями между рибозой одного нуклеотида и фосфорной кислотой соседнего.

Как уже сказано выше, существует несколько типов РНК. Т-РНК имеют самые короткие молекулы, их молекулярный вес всего 25—30 тыс. И-РНК по размерам гораздо больше, чем т-РНК. Их молекулярный вес колеблется от 100 000 до 1 миллиона. Содержание РНК в клетке непостоянно. Оно сильно увеличивается, когда в клетках происходит интенсивный синтез белка.

АТФ. Это сокращенное название аденозинтрифосфорной кислоты. АТФ содержится в каждой клетке животных и растений. Количество АТФ колеблется и в среднем составляет 0,02—0,05% (на массу клетки). Наибольшее количество АТФ содержится в скелетных мышцах — 0,2—0,5%. По химической структуре АТФ является нуклеотидом, и, как у всякого нуклеотида, в ней имеется азотистое основание (аденин), пентоза (рибоза) и фосфорная кислота. Однако в части, содержащей фосфорную кислоту, молекула АТФ имеет существенные отличия от обычных нуклеотидов. У нее в этой части сконденсированы три молекулы фосфорной кислоты (рис. 93). Это очень неустойчивая структура. Самопроизвольно, а особенно легко под влиянием фермента, в АТФ разрывается связь между Р и О, и к освободившимся связям присоединяется одна или две молекулы воды, причем отщепляется одна или две молекулы фосфорной кислоты. Если отщепляется одна молекула фосфорной кислоты, то АТФ переходит в АДФ, т. е. в аденозиндифосфорную кислоту (рис. 93); если же отщепляются две молекулы фосфорной кислоты, то АТФ переходит в АМФ, т. е. в аденозинмонофосфорную кислоту. Реакция отщепления каждой молекулы фосфорной кислоты от АТФ сопровождается большим энергетическим эффектом, а именно отщепление одной грамм-молекулы фосфорной кислоты сопровождается освобождением почти 10 000 *кал* (малых). Это очень большая величина. Все другие экзотермические реакции клетки сопровождаются значительно меньшим выходом энергии. Са-

АТФ

Азотистое основание-аденин — Пентоза-рибоза — P(=O)(OH) — O∼P(=O)(OH) — O∼P(=O)(OH)—OH + H_2O →

Азотистое основание-аденин — Пентоза-рибоза — P(=O)(OH) — O∼P(=O)(OH)—OH + H_3PO_4.

АДФ

Рис. 93. Схема строения АТФ и превращения ее в АДФ.

мые эффективные из них дают [illegible] 2000 кал. Чтобы подчеркнуть такую особенно [illegible] эффективность [illegible] связь, богатой фосфорно-кислородной [illegible] энергией, или макроэрг[illegible] наличие такой связи обозначают не [illegible]. В АТФ имеются две макроэргические [illegible]

Значение АТФ в [illegible] Как мы увидим дальше, она играет [illegible] превращениях энергии. АТФ в р[illegible] одну молекулу фосфорной кислоты и переходит в АДФ [illegible] присоединения фосфорной кислоты [illegible] АТФ. Понятно, что эта реакция идет с поглощением энергии [illegible] макроэргическую молекулу).

Вопросы и задания

1. Какие два типа нуклеиновых кислот обнаружены в клетке? В каких частях клетки они содержатся? 2. Как[illegible] ДНК? 3. В чем [illegible] принцип комплементарности? 4. Ка[illegible] ДНК перед делением клетки? 5. Фрагмент [illegible] состав: Ц—А—Г—Г—Т—Ц—Т—А—Г. У[illegible] цепи. 6. Какие нуклеотиды входят в состав РНК? 7. Какие типы РНК [illegible] в клетке? 8. Каково значение АТФ для жизнедеятельности клетки?

§ 37. Обмен веществ и энергии в клетке

Для химических реакций, протекающих в клетке, характерны величайшая организованность и упорядоченность: каждая реакция протекает в строго определенном месте. Молекулы ферментов расположены в один слой на внутренних структурах—мембранах митохондрий и эндоплазматической сети, выстилая их, как кафель стенку. При этом местоположение ферментов не случайно: они расположены

в том порядке, в котором идут реакции. Мембраны клетки, выстланные молекулами ферментов, представляют своего рода «каталитический конвейер», на котором с исключительной точностью осуществляются химические реакции.

Пластический и энергетический обмен (ассимиляция и диссимиляция). В клетке обнаружена примерно тысяча ферментов. С помощью этого мощного каталитического аппарата осуществляется сложнейшая и многообразная химическая деятельность. Из громадного числа химических реакций клетки выделяются два противоположных по характеру типа реакций. Первый из них представляет реакции синтеза. В клетке постоянно идут процессы созидания. Из простых веществ образуются более сложные, из низкомолекулярных — высокомолекулярные. Синтезируются белки, сложные углеводы, жиры, нуклеиновые кислоты. Синтезированные вещества используются для построения разных частей клетки, ее органоидов, секретов, ферментов, запасных веществ. Синтетические реакции особенно интенсивно идут в растущей клетке, но и у вполне взрослой, т. е. закончившей развитие, клетки постоянно происходит синтез веществ для замены молекул, израсходованных и разрушившихся в процессе функционирования или разрушенных при повреждении. На место каждой разрушенной молекулы белка или какого-нибудь другого вещества встает новая молекула. Таким путем клетка сохраняет постоянной свою форму и химический состав, несмотря на непрерывное их изменение в процессе жизнедеятельности.

С и н т е з в е щ е с т в, и д у щ и й в к л е т к е, н а з ы в а е т с я б и о л о г и ч е с к и м с и н т е з о м или сокращенно **б и о с и н т е з о м.**

Все реакции биосинтеза идут с поглощением энергии.

Совокупность реакций биосинтеза называют пластическим обменом или ассимиляцией. Первое слово происходит от греческого «пластикос», что значит «лепной, скульптурный». Так же как скульптор из глины или мрамора лепит (высекает) изваяние, так из веществ, синтезированных в процессе биосинтеза, клетка создает свое тело. Второе слово (ассимиляция) происходит от латинского «симилис» (сходный, похожий, подобный). Смысл этого термина состоит в том, что поступающие в клетку из внешней среды пищевые вещества, резко отличающиеся от веществ клетки, в результате химических превращений становятся подобными веществами клетки.

В т о р о й т и п х и м и ч е с к и х р е а к ц и й к л е т к и — р е а к ц и и р а с щ е п л е н и я. Сложные вещества распадаются на более простые, высокомолекулярные — на низкомолекулярные. Белки распадаются на аминокислоты, крахмал — на глюкозу. Эти вещества расщепляются на еще более низкомолекулярные соединения, и в конце концов образуются совсем простые, бедные энергией вещества: CO_2 и H_2O. Реакции расщепления в большинстве случаев сопровождаются выделением энергии. Биологическое значение этих реакций состоит в обеспечении клетки энергией, необходимой для ее деятельности. Любая форма активности — движение, секреция, биосинтез и др. — нуждается в затрате энергии, которая черпается из энергии, освобождаемой в результате химических реакций расщепления.

Совокупность реакций расщепления называется энергетическим обменом клетки или диссимиляцией. Диссимиляция прямо противоположна ассимиляции: в результате расщепления вещества утрачивают сходство с веществами клетки.

Пластический и энергетический обмены (ассимиляция и диссимиляция) находятся между собой в [illegible] связи. Связь эта состоит в том, что реакции биосинтеза для [illegible] нуждаются в затрате энергии, которая [illegible] расщепления. С другой стороны, в ходе энергетического [illegible] возникают продукты, необходимые [illegible] составляющие [illegible].

Обмен веществ и энергии. [illegible] связанные процессы [illegible] среды [illegible] материалом [illegible] из них [illegible] высвобождается энергия, необходимая для [illegible] клетки. Во внешнюю же среду выводятся [illegible], которые клеткой более не могут быть использованы.

Совокупность [illegible] клетки, т. е. совокупность пластического [illegible] (ассимиляции и диссимиляции), [illegible], называется обменом веществ и [illegible] условием поддержания [illegible] роста, развития и функционирования.

АТФ как единое и универсальное энергетическое вещество. Любое проявление [illegible] требуют затраты энергии. Энергия нужна для движения, для биосинтетических реакций и [illegible].

Каким же образом [illegible] используется клеткой для различных ее функций?

Любая деятельность [illegible] связана с распадом АТФ.

При усиленной [illegible], например при беге на короткую дистанцию, мышца работает [illegible] за счет содержащегося в ней АТФ. При [illegible] в секреторных клетках также идет [illegible] расщепление АТФ. При синтезе сложных веществ, например при синтезе сложных углеводов или белка, одновременно с синтетической реакцией идет распад АТФ. Отсюда следует, что непосредственным источником энергии и для сокращения мышц, и для секреции, и для синтеза сложных соединений в клетке является энергия, освобождающаяся при расщеплении АТФ. Так как запас АТФ в клетке ограничен, то ясно, что после распада АТФ должно произойти ее восстановление. Так оно в действительности и происходит. В этом и заключается биологический смысл остальных реакций энергетического обмена. Функция этих реакций одна: их энергия используется для восполнения убыли АТФ (рис. 94). Понятно поэтому, что при длительной работе содержание АТФ в клетке

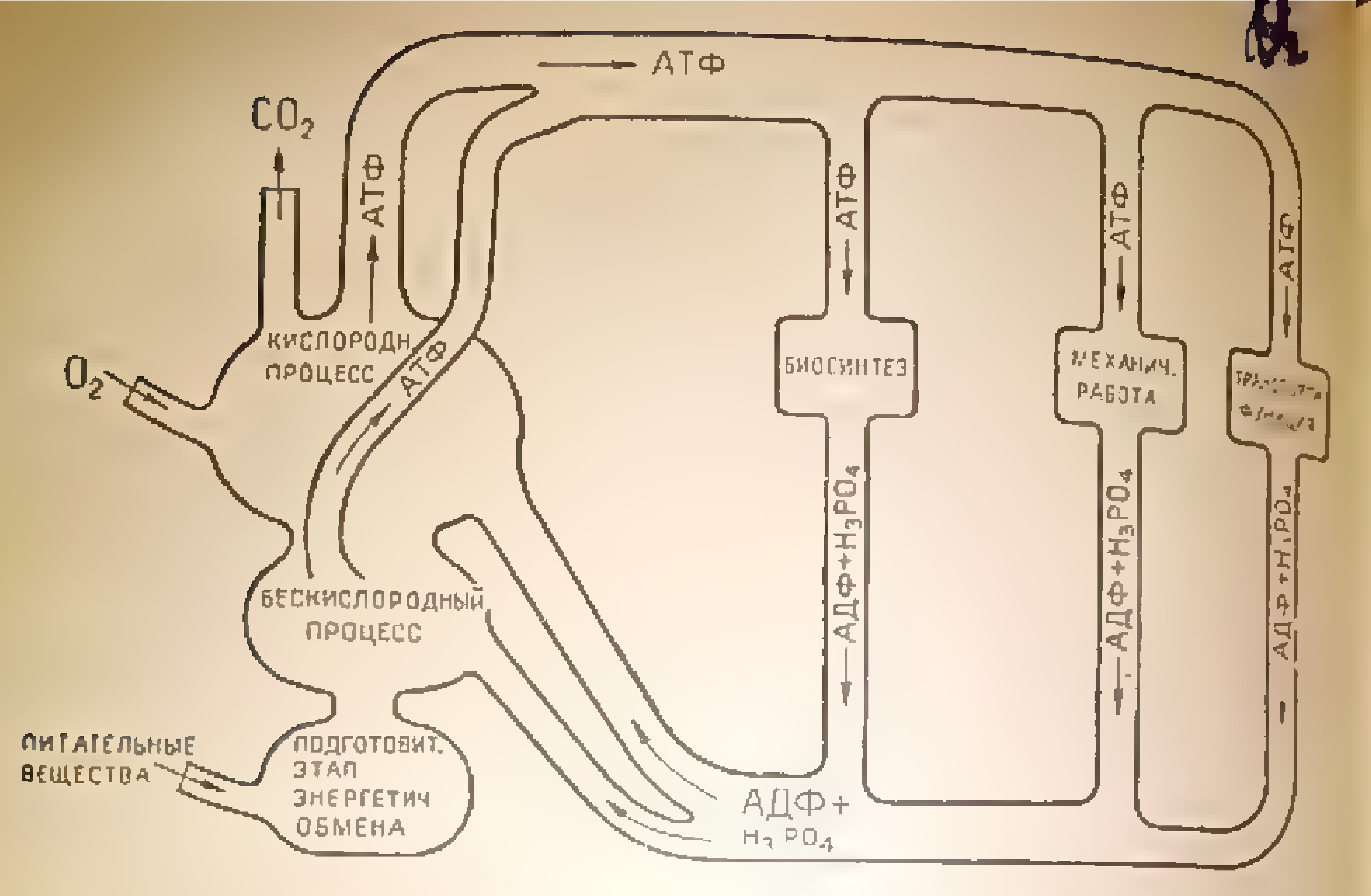


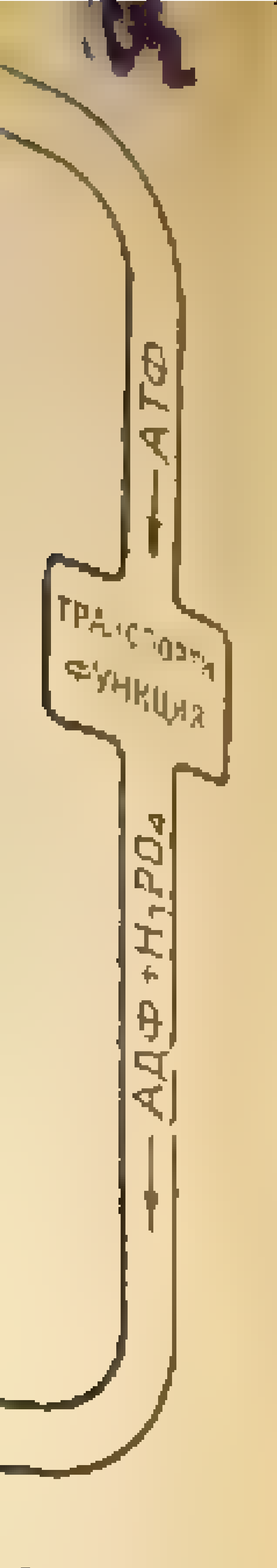
Рис. 94. Образование и расходование АТФ в процессе энергетического обмена.

существенно не изменяется. Это объясняется тем, что реакции расщепления углеводов и других веществ обеспечивают быстрое и полное восстановление израсходованной АТФ. Таким образом, *АТФ — единый и универсальный источник энергии для функциональной деятельности клетки*. Отсюда понятно, что возможна передача энергии из одних частей клетки в другие. Синтез АТФ может происходить в одном месте клетки и в одно время, а использоваться она может в другом месте и в другое время. Синтез АТФ в основном происходит в митохондриях клетки. Образовавшаяся здесь АТФ по каналам эндоплазматической сети направляется в те места клетки, где возникает потребность в энергии.

Три этапа энергетического обмена. Для изучения энергетического обмена клетки его удобно разделить на три последовательных этапа. Рассмотрим эти этапы на примере животной клетки.

Первый этап подготовительный. На этом этапе крупные молекулы углеводов, жиров, белков, нуклеиновых кислот распадаются на небольшие молекулы: из крахмала образуется глюкоза, из жиров — глицерин и жирные кислоты, из белков — аминокислоты, из нуклеиновых кислот — нуклеотиды. Распад веществ на этом этапе сопровождается незначительным энергетическим эффектом. Вся освобождающаяся при этом энергия рассеивается в виде тепла.

Второй этап энергетического обмена называется бескислородным или неполным. Вещества, образовавшиеся в подготовительном этапе, — глюкоза, глицерин, органические кислоты, аминокислоты и др. — вступают на путь



дальнейшего распада. Это сложный, многоступенчатый процесс. Он состоит из ряда следующих одна за другой ферментативных реакций. Ферменты, обслуживающие этот процесс, расположены на внутриклеточных мембранах правильными рядами. Вещество, попав на первый фермент этого ряда, передвигается, как на конвейере, на второй фермент, далее на третий и т. д. Это обеспечивает быстрое и эффективное течение процесса. Разберем это на примере бескислородного расщепления глюкозы, которое имеет специальное название г л и к о л и з а. Гликолиз представляет собой совокупность более десятка последовательных ферментативных реакций. В нем принимают участие 13 ферментов и образуются 12 промежуточных веществ. Не останавливаясь на отдельных реакциях [illegible], что [illegible] ступень ферментного конвейера [illegible] сходит две молекулы молочной кислоты [illegible] гликолиза должно быть записано так:

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_3H_6O_3$$

Глюкоза Молочная кислота

Процесс гликолиза происходит [illegible] клеток и у некоторых микроорганизмов. [illegible] молочнокислое брожение (при скисании моло[illegible] грибками и бактериями. По механизму оно вполне тождественно гликолизу. Спиртовое брожение [illegible] часть реакций гликолиза и брожения [illegible] состоит лишь в заключительной стадии [illegible] заканчивается образованием молочной [illegible] прибавляется еще одно звено. Из молочной [illegible], содержащегося в дрожжах, выделяется CO_2 [illegible] спирт:

$$C_3H_6O_3 = CO_2 + C_2H_5OH$$

Таким образом, суммарное [illegible] спиртового брожения должно быть записано так:

$$C_6H_{12}O_6 = 2CO_2 + 2C_2H_5OH$$

Глюкоза Этиловый спирт

Как видно из уравнений гликолиза и брожения, в этих процессах кислород не участвует, почему они и называются бескислородными процессами. Вполне ясно также, почему эти процессы называются неполными: полным расщеплением глюкозы будет разрушение ее до конца, т. е. превращение ее в простейшие соединения (CO_2 и H_2O), что соответствует уравнению:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$$

Почти все промежуточные реакции при бескислородном расщеплении глюкозы идут с освобождением энергии. Каждая отдельная реакция дает небольшой выход энергии, а в сумме получается немалая величина: расщепление одной грамм-молекулы глюкозы (180 *г*) на две грамм-молекулы молочной кислоты дает почти 50 000 *г · кал*. Если бы

энергия, освобождающаяся при превращении глюкозы в молочную кислоту, освободилась бы сразу, в результате одной реакции, то это привело бы к опасному перегреву и повреждению клетки. Разделение же процесса на ряд промежуточных звеньев обусловливает постепенное выделение энергии, что предохраняет клетку от теплового повреждения.

Параллельно с реакциями бескислородного расщепления глюкозы всегда происходит еще одна реакция — синтез АТФ. АТФ синтезируется из АДФ и фосфорной кислоты, которые всегда присутствуют в клетке, так как они постоянно возникают в результате ее деятельности. К АДФ присоединяется частица фосфорной кислоты и образуется молекула АТФ:

$$АДФ + H_3PO_4 = АТФ + H_2O$$

Превращение молекулы глюкозы в две молекулы молочной кислоты сопряжено с образованием двух молекул АТФ.

Так как синтез АТФ представляет эндотермический процесс, это значит, что энергия, освобождающаяся в процессе бескислородного расщепления глюкозы, не вся переходит в тепло. Часть ее идет на синтез двух богатых энергией фосфатных связей.

Произведем несложный расчет. Всего в ходе бескислородного расщепления грамм-молекулы глюкозы освобождается 50 000 *кал*. На образование одной связи, богатой энергией, при превращении грамм-молекулы АДФ в АТФ затрачивается 10 000 *кал*. В ходе бескислородного окисления образуются две такие связи. Таким образом, в энергию двух грамм-молекул АТФ переходит $2 \cdot 10\,000 = 20\,000$ *кал*. Итак, из 50 000 только 20 000 сберегается в виде АТФ, а 30 000 рассеивается в виде тепла. Следовательно, в ходе бескислородного расщепления глюкозы 40% энергии сберегается клеткой.

Третий этап энергетического обмена — стадия кислородного, или полного, расщепления, или дыхания. Продукты, возникшие в предшествующей стадии (молочная кислота), окисляются до конца, т. е. до CO_2 и H_2O.

Основное условие осуществления этого процесса — наличие в окружающей среде кислорода и поглощение его клеткой. Стадия кислородного расщепления, как и предыдущая стадия бескислородного расщепления, представляет собой ряд последовательных ферментативных реакций. Каждая реакция катализируется особым ферментом.

Весь ферментативный ряд кислородного расщепления сосредоточен в митохондриях, где ферменты расположены на мембранах правильными рядами. Сущность каждой из реакций состоит в окислении органической молекулы, которая с каждой ступенью постепенно разрушается и превращается в конечные продукты окисления: CO_2 и H_2O.

Все промежуточные реакции кислородного расщепления, как и промежуточные реакции бескислородного процесса, идут с освобождением энергии. Количество энергии, освобождаемой на каждой ступени при кислородном процессе, однако, много больше, чем на каждой ступени бескислородного процесса. В сумме кислородное расщепление дает громадную величину — 650 000 *кал* (на две грамм-молекулы

молочной кислоты). Если бы при расщеплении содержащейся в клетке молочной кислоты вся энергия освободилась в результате одной реакции, клетка подверглась бы тепловому повреждению. При рассредоточении же процесса на ряд промежуточных звеньев такой опасности нет.

Подробное исследование стадии кислородного расщепления показало, что в ней, как и в бескислородном процессе, происходит образование АТФ из АДФ. *В ходе [illegible] расщепления двух молекул молочной кислоты [illegible] АТФ, т. е. 36 богатых энергией фосфатных [illegible]*

Теперь должно быть [illegible] энергетического обмена — кислородной [illegible] Если в ходе бескислородного [illegible] 50 000 кал (на моль глюкозы), то в стадии [illegible] еще 650 000. Если в ходе бескислородного [illegible] две молекулы АТФ, то в процессе [illegible] синтезируется еще 36 молекул АТФ. [illegible], на стадии кислородного расщепления образуется свыше [illegible] энергии, получаемой клеткой в процессе расщепления [illegible] суммарные сведения об этапах [illegible] и их энергетической эффективности.

Займемся снова расчетом. Всего в процессе расщепления глюкозы до CO_2 и H_2O, т. е. в ходе [illegible] кислородного расщепления, синтезируется 2 [illegible] АТФ. Таким образом, в потенциальную энергию АТФ [illegible] 380 000 *кал*. Всего же при расщеплении [illegible] и кислородную стадии) освобождается [illegible] *кал*. Следовательно, почти 55% всей энергии, [illegible] при расщеплении глюкозы, сберегается [illegible] в форме АТФ. [illegible] часть (45%) рассеивается в виде [illegible] вспомним, что в паровых [illegible], освобождаемой при сгорании угля, в полезную [illegible] не более 12—15%. В лучших турбинах этот процент [illegible] до [illegible]—25. В двигателях внутреннего сгорания он достигает [illegible]. Таким образом, по эффективности преобразования энергии [illegible] клетка превосходит все известные преобразователи энергии в технике.

При сопоставлении количества энергии, освобождаемой в ходе бескислородного и кислородного расщепления глюкозы, а также числа молекул АТФ, синтезируемых в обе стадии, видно, что кислородный процесс несравненно более эффективен, чем бескислородный. В стадии бескислородного расщепления освобождается примерно 1/20 часть энергии, освобождающейся при кислородном процессе. Вполне понятно поэтому, что в нормальных условиях для мобилизации энергии в клетке всегда используется как бескислородный, так и кислородный путь расщепления. Если осуществление кислородного процесса затруднено или вовсе невозможно, например при недостатке кислорода, тогда для поддержания жизни остается только бескислородный процесс. Но при этом для получения АТФ в количестве,

необходимом для жизнедеятельности, клетке приходится расщеплять очень большое количество глюкозы.

Этапы расщепления глюкозы и их энергетическая эффективность

Этапы обмена	Суммарная реакция	Освобождается энергия (г-кал)	Число синтезируемых молекул АТФ	Энергия, идущая на синтез АТФ (г-кал)	Про[illegible]
Бескислородное расщепление	$C_6H_{12}O_6 = 2\ C_3H_6O_3$	50 000	2	$2 \times 10\ 000 = 20\ 000$	40
Кислородное расщепление	$2\ C_3H_6O_3 + 6\ O_2 = 6\ CO_2 + 6\ H_2O$	650 000	36	$36 \times 10\ 000 = 360\ 000$	55
В итоге	$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 = 6\ CO_2 + 6\ H_2O$	700 000	38	$38 \times 10\ 000 = 380\ 000$	54

Дыхание и горение. Расщепление органических веществ, происходящее в клетке, часто сравнивают с горением: в обоих случаях происходит поглощение кислорода и выделение продуктов окисления — CO_2 и H_2O. Однако в результате детальных исследований процесса горения и дыхания выяснились существенные различия между ними. Состав продуктов горения неопределенный и непостоянный, он меняется в зависимости от соотношения окисляемого вещества и кислорода, зависит от температуры и других условий. В противоположность горению дыхание происходит в результате стройного, организованного, высокоупорядоченного процесса, ряда последовательных ферментативных реакций. Образование CO_2 при горении происходит в результате прямого присоединения кислорода к углероду, а при биологическом окислении CO_2 возникает путем расщепления органических кислот под влиянием ферментов.

Таким образом, вполне ясно, что между процессами горения и биологического окисления существует глубокое, принципиальное различие.

Вопросы и задания

1. Охарактеризуйте два противоположных потока химических реакций в процессе обмена веществ клетки. 2. Охарактеризуйте стадии энергетического обмена клетки. 3. Какое значение для клетки имеет процесс кислородного расщепления? Напишите суммарное уравнение процесса дыхания. 4. Сравните энергетику процессов гликолиза и дыхания. 5. Укажите различия между процессами горения и клеточного дыхания. 6. Почему АТФ называют универсальным энергетическим веществом клетки?

§ 38. Автотрофные и гетеротрофные клетки. Фотосинтез. Хемосинтез

Автотрофные клетки. По способу получения органических соединений все клетки делятся на две группы. Одна группа клеток способна синтезировать органические вещества из неорганических соединений (CO_2, H_2O и т. д.). Из этих бедных энергией соединений клетки синтезируют глюкозу, аминокислоты, а затем и более сложные органические соединения: сложные углеводы, белки и т. д. Клетки, способные синтезировать органические соединения из неорганических, называются автотрофными или автотрофами. Главными автотрофами на Земле являются клетки зеленых растений. Автотрофное питание присуще также небольшой группе микроорганизмов.

Гетеротрофные клетки. Другая группа клеток не способна синтезировать органические вещества из неорганических соединений. Эти клетки нуждаются в доставке им готовых органических соединений. Животные поедают других [illegible] и растения и получают с пищей готовые углеводы, жиры, [illegible]. В ходе [illegible] происходит расщепление [illegible]. Из части [illegible] при этом веществ — [illegible] более сложные, присущие [illegible] жиры, белки; другая часть [illegible] энергия используется для [illegible].

Клетки, [illegible] органических соединений из неорганических веществ и нуждающиеся [illegible] органических веществ извне, [illegible] гетеро[illegible], большинства [illegible] (например, грибов) являются гетеротрофами.

Фотосинтез. Синтез органических соединений из простых [illegible] веществ нуждается [illegible] извне. Зеленые растения используют для этой цели световую энергию Солнца. *Растительные клетки обладают специальным механизмом, позволяющим им преобразовывать световую энергию в энергию химических связей. Этот процесс называется фотосинтезом.*

Процесс фотосинтеза выражается следующим суммарным уравнением:

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2.$$

В ходе этого процесса вещества, бедные энергией (CO_2 и H_2O), переходят в углевод — сложное богатое энергией органическое вещество. В результате фотосинтеза выделяется также молекулярный кислород.

Суммарное уравнение фотосинтеза не дает представления о его механизме. Это сложный, многоступенчатый процесс. Центральная роль в нем принадлежит хлорофиллу — органическому веществу зеленого цвета. Молекула хлорофилла, как видно из его структурной

Рис. 95. Структурная формула хлорофилла: *I* — гидрофильное ядро и *II* — гидрофобный остаток.

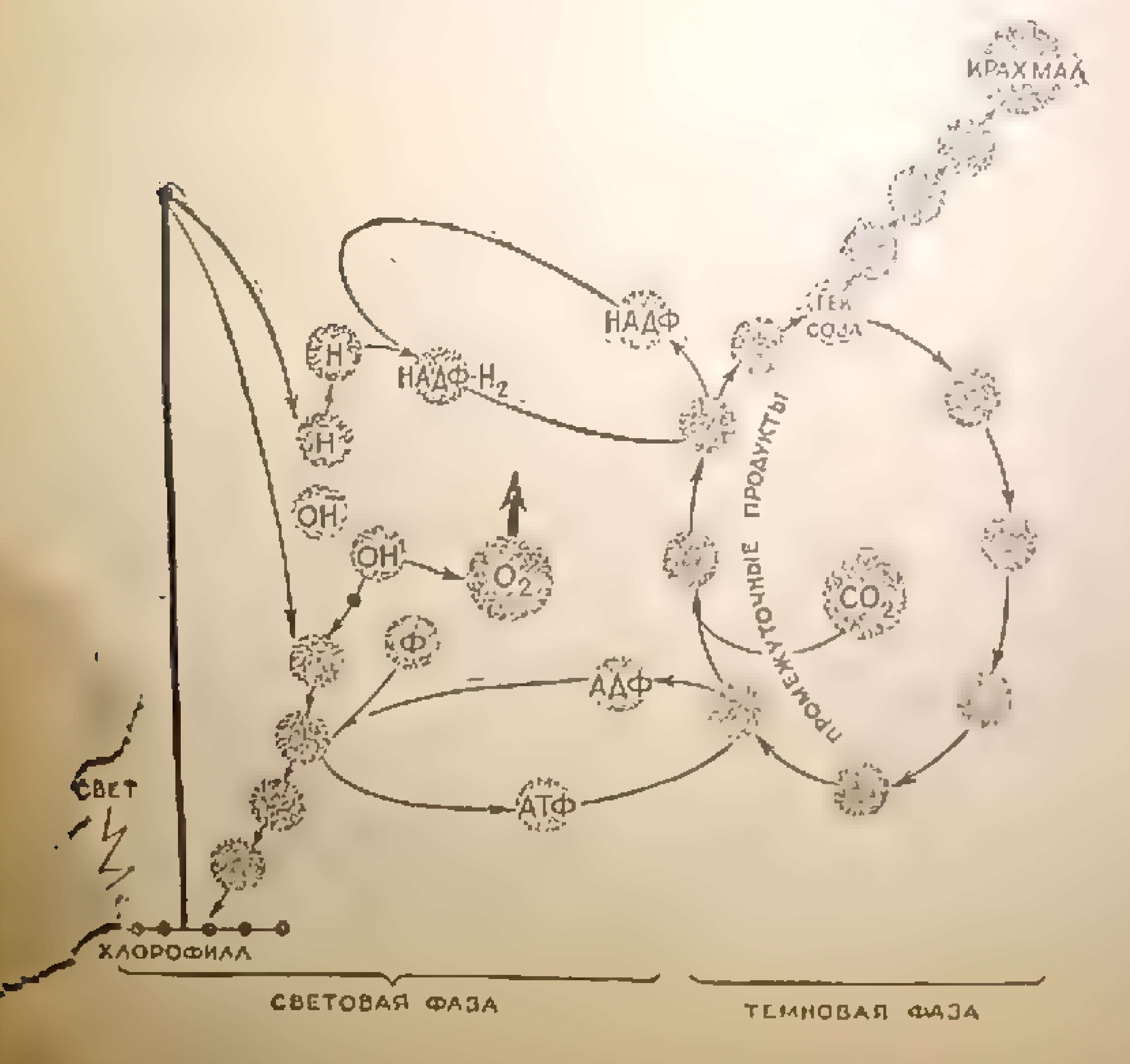
формулы (рис. 95), состоит из двух частей: ядра (*I*), в котором находится атом магния, и длинной углеводородной цепочки (*II*). Ядро хлорофилла обладает гидрофильными свойствами, углеводородная же цепочка резко гидрофобна.

Молекулы хлорофилла расположены в хлоропластах растительной клетки. Как говорилось раньше, хлоропласт представляет собой высокоупорядоченную слоистую структуру. Снаружи он покрыт тонкой белковой мембраной, под ней идет слой молекул хлорофилла, обращенных гидрофильным ядром к белку, а гидрофобной углеводородной цепочкой к слою молекул липоидов.

Таким образом, расположение молекул хлорофилла в хлоропласте между гидрофильным белком и гидрофобным липоидом определяется особенностями молекулярной структуры хлорофилла.

В зеленых листьях содержится примерно 1% хлорофилла от сухого веса. Хлорофилл растворяется в спирте, и его можно извлечь настаиванием листьев в спирте. Раствор хлорофилла имеет зеленый цвет и флуоресцирует. Флуоресценция хлорофилла в растворе объясняется тем, что электроны в молекуле хлорофилла поглощают световую энергию, в результате они покидают орбиту, соответствующую

Рис. 96. Схема фотосинтеза.



их исходному состоянию, и перескакивают на высшую орбиту, соответствующую их «возбужденному» состоянию. Затем электроны возвращаются обратно на свою первоначальную орбиту, и при этом [illegible] переходе они отдают поглощенную ими энергию в виде света флуоресценции. Хлорофилл в растворе не способен [illegible] энергию света. Другая картина наблюдается в клетке, где молекулы хлорофилла встроены в структуру хлоропласта и находятся в соединении с молекулами ферментов, липоидов и других веществ. Хлорофилл в зеленом листе при освещении не флуоресцирует. Поглощенная хлорофиллом энергия света здесь не рассеивается, а [illegible] в энергию химических связей.

Для того чтобы [illegible], в [illegible] это преобразование, обратимся к схеме фотосинтеза (рис. 96).

Процесс фотосинтеза [illegible] хлоропласта [illegible]мым светом. Фотон [illegible] молекулы хлорофилла, [illegible]общает ему энергию, и [illegible] в «возбужденное» состояние он покидает основную орбиту и перескакивает на высшую орбиту. После этого он сразу же [illegible] обратно. При этом избыточная энергия электрона частично [illegible] (около 25%), а большей частью передается [illegible] в клетке, в [illegible] их превращения.

Часть «избыточных» электронов [illegible] водорода. В клетке всегда имеется [illegible] H^+ и OH^- ионов, так как в водном растворе часть [illegible] воды находится в диссоциированном состоянии:

$$H_2O = H^+ + OH^- \quad (1)$$

Ион водорода присоединяет электрон и превращается в атом водорода:

$$H^+ + e^- = H \quad (2)$$

Ион гидроксила, оставшийся без [illegible], немедленно же передает свой электрон [illegible] или полям и превращается в свободный радикал OH:

$$OH^- = e^- + OH \quad (3)$$

Свободные атомы водорода и OH-радикалы в химическом отношении весьма активны. Атомы водорода присоединяются к органическому веществу, имеющему сложную структуру и соответственно довольно громоздкое название: никотинамиддинуклеотидфосфат (сокращенно: НАДФ). НАДФ всегда содержится в клетке; присоединив водород, он переходит в восстановленную форму:

$$НАДФ + 2H = НАДФ\cdot H_2 \quad (4)$$

Свободные OH-радикалы взаимодействуют друг с другом, причем образуется молекулярный кислород, выделяющийся в атмосферу, и вода:

$$4OH = O_2 + 2H_2O \quad (5)$$

Просуммировав реакции 1, 2, 3 и 5, получим:

$$2H_2O = O_2 + 4H$$

Таким образом, молекулярный кислород, образующийся при фотосинтезе, возникает в результате разложения (фотолиза) воды. Это неферментативный процесс. По своему механизму фотолиз воды сходен с электролизом воды. Вспомните, что при пропускании электрического тока через водный раствор ионы водорода получают электроны от катода и превращаются в атомы водорода (если бы в растворе находился НАДФ, он присоединил бы эти атомы водорода и перешел в НАДФ-H_2), а ОН-ионы, отдав электрон аноду, превращаются в свободные ОН-радикалы, из которых образуется молекулярный кислород и вода.

Энергия другой части «падающих» электронов, а также электронов, отделяющихся от ионов гидроксила и обладающих еще некоторым запасом энергии, преобразуется в энергию макроэргической фосфатной связи: из АДФ (всегда имеющегося в клетке) и неорганического фосфата (Ф) синтезируется АТФ.

$$АДФ + Ф = АТФ$$

Таким образом, избыточная энергия возбужденных электронов при переходе их в исходное состояние обеспечивает три процесса:

1. Фотолиз воды с образованием молекулярного кислорода.
2. Восстановление НАДФ с образованием НАДФ-H_2.
3. Синтез АТФ.

Осуществление этих трех процессов является непосредственным результатом поглощения хлорофиллом лучистой энергии. Эти реакции идут только на свету. Поэтому эта стадия фотосинтеза называется *световой фазой*. Дальнейшие синтетические процессы фотосинтеза не нуждаются в освещении: они могут протекать как на свету, так и в темноте. Поэтому комплекс этих реакций называется *темновой фазой*.

Темновая фаза фотосинтеза представляет собой ряд последовательных ферментативных реакций. В осуществлении этих реакций принимают участие синтезированные в световую фазу АТФ и НАДФ-H_2. Центральное место среди реакций темновой фазы занимает реакция связывания углекислоты: CO_2 диффундирует в лист из атмосферы и включается в состав одного из промежуточных соединений. В конечном итоге образуются углеводы — сначала моносахариды, затем ди- и полисахариды.

Итак, *в световую фазу фотосинтеза световая энергия Солнца преобразуется и запасается в энергию химических связей НАДФ-H_2 и АТФ. В темновую фазу энергия этих веществ (НАДФ-H_2 и АТФ) расходуется на синтез углеводов.*

Процесс фотосинтеза представляет основной механизм, при помощи которого зеленые растения производят органические вещества. Все вещества растения, любая его «урожайная» часть — плоды, семена, корнеплоды, древесина и т. д., образуются из веществ, порожденных в результате фотосинтетической активности его клеток.

Продуктивность фотосинтеза составляет примерно 1 *г* органических веществ на 1 $м^2$ площади листьев в 1 час. Таким образом, при прочих равных условиях урожай тем выше, чем больше площадь листьев выросших растений и чем дольше они функционируют [illegible] фотосинтетической системы.

В изучение роли света [illegible] содержания CO_2 при фотосинтезе [illegible] ний К. А. Тимирязева. [illegible] работы по [illegible] так: Это процесс, [illegible] проявления жизни [illegible] вершая [illegible] органически [illegible] лорода на Земле.

Растительные [illegible] т. е. [illegible] с дыханием [illegible] ные клетки преобразуют [illegible] в химическую [illegible] синтезируют органические [illegible] продукта реакции [illegible] в процессе фотосинтеза, лорода, выделяемого [illegible] раз в 20—30 [illegible] процессе дыхания. [illegible] когда растения и дышат, и фотосинтезируют [illegible] кислород, а ночью, когда фотосинтез [illegible], т. е. потребляют кислород и выделяют углекислоту.

Хемосинтез. К [illegible] ствения также [illegible] способ, с помощью [illegible] гии реакции, про[illegible]

Этот тип [illegible] С. Н. Виноградским [illegible] нию химических [illegible] аппаратом, позволяющим им преоб[illegible] химических реакции, в частности энергию [illegible] веществ, в химическую энергию синтезируемых органических соединений. Этот процесс называется *хемосинтезом*.

Наиболее известные автотрофы-хемосинтетики — нитрифицирующие бактерии. Источником энергии у одной группы этих бактерий служит реакция окисления аммиака в азотистую кислоту, другая группа нитрифицирующих бактерий использует энергию, выделяющуюся при окислении азотистой кислоты в азотную. Автотрофами-хемосинтетиками являются, например, и так называемые «железные бактерии» и «серные бактерии». Первые из них используют энергию, выделяющуюся при окислении двухвалентного железа в трехвалентное, вторые окисляют сероводород до серной кислоты.

Роль автотрофов-хемосинтетиков очень велика, особенно нитрифицирующих бактерий. Они имеют важное значение для повышения

Можайности, так как в результате их жизнедеятельности азот, находящийся в свободном состоянии или в виде соединений, недоступных для усвоения растениями, превращается в соли азотной кислоты, которые хорошо ими усваиваются.

Вопросы и задания

1. Какие клетки относятся к автотрофам, к гетеротрофам? 2. Напишите суммарное уравнение фотосинтеза и охарактеризуйте его основные этапы. 3. Что называется хемосинтезом?

§ 39. Биосинтез белков

Белки играют центральную роль в жизненном процессе. От белков зависит и внешний вид клеток, и все их биохимические и функциональные свойства. В ходе нормальной жизнедеятельности молекулы белков постепенно изнашиваются, структура и функции их нарушаются: ферменты утрачивают каталитическую активность, сократительные белки перестают укорачиваться и т. д. Такие изменения, ставшие неполноценными белки в конечном счете удаляются из клетки. Взамен ушедших молекул появляются новые молекулы, и состав и деятельность клетки не нарушаются.

Откуда же клетка получает свои белки?

Любая живая клетка способна к синтезу белков, и эта способность представляет одно из наиболее важных и характерных ее свойств.

Важно заметить, что клетка способна к синтезу не любых белков, а только присущих данной клетке. Гемоглобин синтезируется клетками крови и не синтезируется клетками печени; инсулин синтезируется клетками поджелудочной железы и не синтезируется клетками мозга. Любая клетка по внешнему виду и по свойствам похожа на материнскую. Так как свойства клетки зависят от ее белков, то ясно, что клетка способна синтезировать белки такие же, какие синтезировала материнская клетка. Следовательно, *способность к синтезу белка по наследству передается от клетки к клетке и сохраняется ею в течение всей жизни.*

Вопросы о том, как происходит синтез столь большой и сложной молекулы белка, как отбираются нужные аминокислоты, расставляются и соединяются в определенном и строгом порядке, еще сравнительно недавно представляли неразрешимую загадку. Эти вопросы в настоящее время в основном выяснены, и решение их представляет величайшее достижение биологии и биохимии XX века.

Основная роль в определении структуры белка принадлежит ДНК. Мы уже знаем, что молекулы ДНК очень велики. Их длина в десятки и сотни раз превышает длину самых крупных молекул белков: по длине цепочки ДНК можно было бы уложить одну за другой десятки, а то и сотни молекул белков. В настоящее время установлено, что разные участки ДНК определяют синтез различных белков. Одна молекула ДНК участвует в синтезе нескольких десятков белков. Каждый участок ДНК, определяющий

синтез одной молекулы белка, называется геном. Каждый ген — участок двойной спирали ДНК, на котором содержится информация о структуре какого-то одного белка.

Чтобы разобраться в том, каким образом структура ДНК определяет структуру белка, приведем такой пример. Многие знают об азбуке Морзе, при помощи которой передают сигналы и телеграммы. По азбуке Морзе все буквы алфавита [illegible] сочетаниями коротких и длинных сигналов — [illegible] обозначается ·—, Б—— · и т. д. [illegible] кодом или шифром. А [illegible] рода. Получив телеграфную ленту с [illegible] Морзе легко расшифрует (раскодирует) написанное.

[illegible] собой код, [illegible] туру бе[illegible] так в коде ДНК [illegible] последовательно связанных нуклеотидов.

Код ДНК. [illegible] почти полностью. С[illegible] *соответствует участ[illegible]* с[illegible]. Например, у[illegible] —Т соответствует аминокислоте лизину, отрезок А—Ц—А — [illegible] А—А — валину и т. д. Допустим, что в гене нуклеот[illegible] аком порядке: А—Ц—А—Т—Т—Т—А—А—Ц—Ц—А—[illegible] в этот ряд на тройки (триплеты), мы сразу [illegible] какие аминокислоты и в каком порядке следуют в м[illegible] ка:

А—Ц—А	Т—Т—Т	А—А—Ц	Ц—А—А	Г—Г—Г
Цистеин	Лизин	Лейцин	Валин	Пролин

В [illegible] всех букв, всех цифр и [illegible] а некоторые буквы или цифры [illegible] нуклеотидов 4. Число [illegible] по 3 равно 64. [illegible] же аминокислот всего 20. [illegible] триплетов нуклеотидов с [illegible] всех аминокислот.

Транскрипция. [illegible] ДНК непосредственного участия в синтезе белка не принимает, ДНК находится в ядре клетки, а синтез белка происходит в рибосомах — мельчайших структурах, находящихся в цитоплазме. *В ДНК только [illegible] и хранится информация о структуре белков.* Для синтеза белка в рибосомы направляются точные копии информации. Это осуществляется с помощью РНК, которые синтезируются на ДНК и точно копируют ее структуру. Последовательность нуклеотидов РНК точно повторяет последовательность нуклеотидов в одной из цепей гена. Таким образом, информация, содержащаяся в структуре данного гена, как бы переписывается на РНК. Этот процесс называется **транскрипцией** («транскрипцио» — переписывание, *лат.*). С каждого гена можно

Рис. 97. Схема синтеза информационной РНК.

```
Ц—Г  Ц
|  |  |
Ц—Г  Ц
|  |  |
Ц—Г  Ц
|  |  |
Т—А  У
|  |  |
Т—А  У
|  |  |
Г—Ц  Г
|  |  |
Г—Ц  Г
|  |  |
Т—А  У
|  |  |
Т—А  У
|  |  |
```

снять любое число копий РНК. Эти РНК, несущие в рибосомы информацию о составе белков, называются **информационными** (и-РНК).

Для того чтобы понять, каким образом состав и последовательность расположения нуклеотидов в гене могут быть «переписаны» на РНК, вспомним принцип комплементарности, на основании которого построена двуспиральная молекула ДНК (рис. 91). Мы уже говорили о том, что нуклеотиды одной цепи обусловливают характер противолежащих нуклеотидов другой цепи (см. стр. 152). Если на одной цепи находится А, то на том же уровне другой цепи стоит Т, а против Г всегда находится Ц. Других комбинаций не бывает. Принцип комплементарности действует и при синтезе информационной РНК. Как это [illegible], видно на рисунке 97. Против каждого нуклеотида одной [illegible] ДНК встает комплементарный к нему нуклеотид [illegible] РНК. Таким образом, против $Г_{ДНК}$ встает $Ц_{РНК}$, против $Ц_{ДНК}$ — $Г_{РНК}$, против $А_{ДНК}$ — $У^{1}_{РНК}$, против $Т_{ДНК}$ — $А_{РНК}$. В результате образующаяся цепочка РНК по составу и последовательности своих нуклеотидов представляет собой точную копию состава и последовательности нуклеотидов одной из цепей ДНК. Молекулы информационной РНК направляются к месту, где происходит синтез белка, т. е. к рибосомам. Туда же идет из цитоплазмы поток материалов, из которого строится белок, т. е. аминокислоты. В [illegible] клеток всегда имеются аминокислоты, образующиеся в результате расщепления белков пищи.

Транспортные РНК. Аминокислоты поступают в рибосому не самостоятельно, а в сопровождении особых молекул РНК, специально приспособленных для транспорта аминокислот к рибосомам. Они так и называются: **транспортные** РНК (т-РНК). Транспортные РНК — это сравнительно короткие цепочки, состоящие всего из нескольких десятков нуклеотидов. На одном конце их молекулы имеется структура, к которой удобно и прочно может присоединиться аминокислота. На другом конце транспортной РНК находится триплет нуклеотидов, который соответствует по коду данной аминокислоте. Например, молекула транспортной РНК для аминокислоты лизина на одном конце имеет «площадку» для «посадки» лизина, а на другом конце — триплет нуклеотидов: У—У—У. Так как существует не менее 20 различных аминокислот, то, очевидно, существует не менее 20 различных транспортных РНК. На каждую аминокислоту имеется своя транспортная РНК.

Реакция матричного синтеза. Для изучавшего неорганическую и органическую химию привычны реакции, протекающие в растворах,

---

[1] Напомним (см. стр. 164), что в РНК вместо тиминового нуклеотида (Т) присутствует урациловый нуклеотид (У).

в которых молекулы веществ находятся в хаотическом движении. Реакции в таких системах осуществляются в результате случайного столкновения молекул. Чем концентрация веществ выше, тем больше вероятность столкновения, тем [illegible] реакции. Напротив, при понижении концентрации [illegible] встречи молекул невелика и скорость реакции [illegible]

В живых системах [illegible] реакций, наподобие описанной [illegible] (стр. 153) или реакции синтеза РНК [illegible] в неживой природе. Они [illegible]

Термин [illegible] для [illegible] в точном [illegible] молекулы [illegible] в структуре [illegible] в основе [illegible] синтез нуклеиновых [illegible] мономерных ется точная, строгая [illegible] направленное звеньев в синте[illegible] — на молекустягивание [illegible] Если бы лы, служащие матр[illegible] столкновения молетакие реакции [illegible] сложных молекул, они протекали [illegible] осуществляется быстро и лекул на основе [illegible] точно.

Роль матрицы в [illegible] молекулы нуклеиновых кислот — ДНК или РНК [illegible] молекулы, на которых синтезируется [illegible] — в соответствии с [illegible] и фиксируются на матрице [illegible] в строгом порядке. Затем [illegible] ную цепь, и [illegible] матрица готова к сборке [illegible] как на данной форме [illegible] одной монеты, или медали, [illegible] ной матричной [illegible] полимера.

Матричный тип реакций — специфическая особенность живых систем. [illegible] всего живого — его [illegible] Кроме живой клетки, матричный [illegible] обнаружен не был.

Трансляция. Информация о структуре белка, записанная в иРНК в виде последовательности нуклеотидов, [illegible] в виде последовательности аминокислот в [illegible] цепи. Этот процесс называется трансляцией (трансляция — перенесение, перевод, *лат.*). Для того чтобы разобраться в том, как в

рибосомах происходит трансляция, т. е. перевод информации с языка нуклеиновых кислот на язык белков, обратимся к рисунку 98. Рибосомы на рисунке изображены в виде яйцевидных тел, унизывающих и-РНК. Первая рибосома вступает на нитевидную молекулу и-РНК с левого конца и начинает синтез белка. По мере сборки белковой молекулы рибосома ползет по и-РНК (на рисунке слева направо). Когда рибосома продвинется вперед на 50—100 Å, с того же конца на и-РНК входит вторая рибосома, которая, как и первая, начинает синтез и движется вслед за первой рибосомой. Затем на и-РНК вступает третья рибосома, четвертая и т. д. Все они выполняют одну и ту же работу: каждая синтезирует один и тот же белок, запрограммированный на данной и-РНК. Чем дальше вправо продвинулась рибосома по и-РНК, тем больший отрезок белковой молекулы «собран». Когда рибосома достигает правого конца и-РНК, синтез окончен и рибосома вместе со своим «изделием» сваливается в окружающую среду. Здесь они расходятся: рибосома — на любую и-РНК (так как она способна к синтезу любого белка; характер белка зависит от матрицы), белковая молекула — в эндоплазматическую сеть и по ней перемещается в тот участок клетки, где требуется данный вид белка. Через короткое время заканчивает работу вторая рибосома, затем третья и т. д. А с левого конца и-РНК на нее вступают все новые и новые рибосомы, и синтез белка идет непрерывно. Число рибосом, умещающихся одновременно на молекуле и-РНК, зависит от длины и-РНК. Так, например, на молекуле и-РНК, программирующей синтез белка гемоглобина, длина которой около 1500 Å, помещается до 5 рибосом (диаметр рибосомы приблизительно 230 Å). Группа рибосом, помещающихся одновременно на одной молекуле и-РНК, называется п о л и р и б о с о м о й или сокращенно п о л и с о м о й.

Теперь остановимся подробнее на механизме работы рибосомы. Обратимся к рисунку 99. Рибосома во время своего движения по и-РНК в каждый данный момент находится в контакте с небольшим участком ее молекулы. Возможно, что размер этого участка составляет всего один триплет нуклеотидов. Рибосома передвигается по и-РНК не плавно, а прерывисто, шажками — триплет за триплетом. На некотором расстоянии от места контакта рибосомы с и-РНК находится пункт «сборки» белка: здесь помещается и работает фермент белок-синтетаза, создающий полипептидную цепь, т. е. образующий пептидные связи между аминокислотами.

Сам механизм сборки белковой молекулы в рибосомах осуществляется следующим образом. В каждую рибосому, входящую в состав полисомы, т. е. движущуюся по и-РНК, из окружающей среды непрерывным потоком идут молекулы т-РНК с «навешанными» на них аминокислотами. Они проходят, задевая своим кодовым концом место контакта рибосомы с и-РНК, дотрагиваются до триплета нуклеотидов и-РНК, который в данный момент находится в рибосоме. Противоположный конец т-РНК (несущий аминокислоту) оказывается

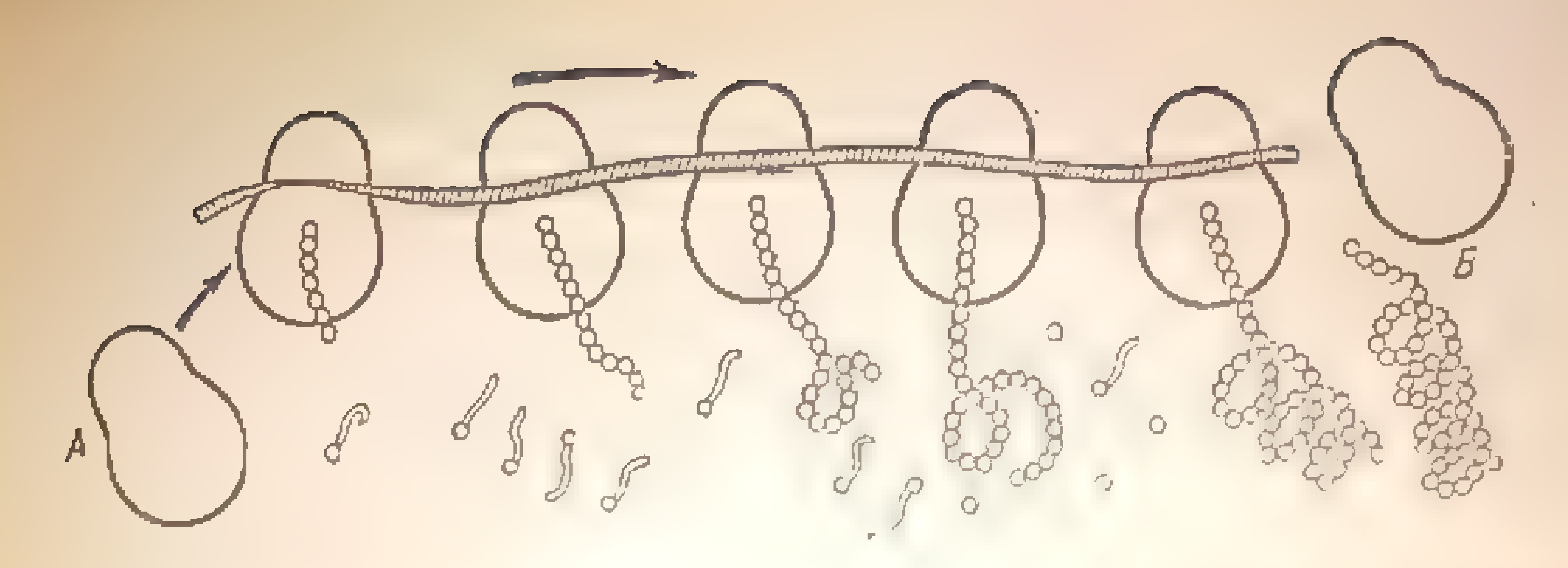


Рис. 98. Полисома.

А — рибосома; *Б* — белок.

Рис. 99. Схема синтеза белка в рибосоме.

А — рибосома; *Б* — информационная РНК; *В* — транспортные РНК с аминокислотами; *Г* — белок

при этом вблизи пункта «сборки» белка. Однако только в том случае, если кодовый триплет т-РНК окажется комплементарным к триплету и-РНК (находящемуся в данный момент в рибосоме), аминокислота, доставленная т-РНК, попадет в состав молекулы белка и отделится от т-РНК. Тотчас же рибосома делает «шаг» вперед по и-РНК на один триплет, а свободная т-РНК выбрасывается из рибосомы в окружающую среду. Здесь она захватывает новую молекулу аминокислоты и несет ее в любую из работающих рибосом. Так постепенно, триплет за триплетом, движется по и-РНК рибосома и растет — звено за звеном — полипептидная цепь. Так работает рибосома — этот удивительный органоид клетки, который с полным правом называют «молекулярным автоматом» синтеза белка.

Мы уже упоминали о синтезе белка, недавно осуществленном химиками в лабораторных условиях. Этот искусственный синтез потребовал огромных усилий, большого времени и средств. А в живой клетке синтез одной молекулы белка завершается в 3 — 4 секунды. Вот пример, насколько совершенно работает синтетический аппарат живой клетки.

Роль ферментов в биосинтезе белка. Не следует забывать, что ни один шаг в процессе синтеза белка не идет без участия ферментов. Все реакции белкового синтеза катализируются специальными ферментами. Синтез информационной РНК ведет фермент, который «ползет» вдоль молекулы ДНК от начала гена до его конца и оставляет позади себя готовую молекулу информационной РНК. Ген в этом процессе дает только инструкцию для синтеза, а сам процесс осуществляет фермент. Без участия ферментов не происходит и соединения аминокислот с транспортной РНК.

Существуют особые ферменты, обеспечивающие захват и соединение аминокислот с их транспортными РНК. Наконец, в рибосоме в процессе сборки белка работает фермент, сцепляющий аминокислоты между собой.

Энергетика биосинтеза белка. Еще одной очень важной стороной биосинтеза белка является его энергетика. Мы уже не раз упоминали, что любой синтетический процесс представляет собой эндотермическую реакцию и, следовательно, нуждается в затрате энергии. Биосинтез белка представляет цепь синтетических реакций: 1) синтез и-РНК; 2) соединение аминокислот с т-РНК и 3) «сборку» белка. Все эти реакции требуют энергетических затрат. Энергия для синтеза белка доставляется реакцией расщепления АТФ. Каждое звено биосинтеза сопряжено с распадом АТФ.

Вопросы и задания

1. Что называется кодом ДНК? 2. Какую роль играет ДНК в процессе биосинтеза белка? 3. Какое звено биосинтеза белка называется транскрипцией, а какое трансляцией? 4. На фрагменте ДНК, имеющем состав Ц—А—Т—Г—Г—Ц—Т—А—Г, синтезирован фрагмент и-РНК. Укажите его состав. 5. На каких структурах протекает синтез белка в клетке? 6. За счет какой энергии происходит биосинтез белка?

§ 40. Авторегуляция химической активности клетки

Любой клетке, как и всякой [illegible] системе, присуща способность сохранять свой состав и все свои свойства на относительно постоянном уровне. Так, например, содержание АТФ в клетках составляет около 0,04%, и эта величина [illegible] поддерживается, несмотря на то [illegible] АТФ [illegible] [illegible] сложность [illegible] что [illegible] процесс [illegible] состав клетки [illegible] систем [illegible] построен [illegible] ная [illegible] связана [illegible]

Рассмотрим, например, [illegible] ство содержания АТФ [illegible] АТФ расходуется клеткой при [illegible] Синтез же АТФ происходит [illegible] и кислородного расщепления [illegible] что постоянство содержания АТФ [illegible] уравновешиванию обоих процессов — [illegible] как только содержание АТФ [illegible] включаются процессы бескислородного и [illegible] глюкозы, в ходе которых АТФ синтезируется [illegible] АТФ в клетке повышается. Когда уровень АТФ [illegible] АТФ затормаживается.

Включение и [illegible] поддержание нормального состава [illegible] автоматически. Такая регуляция [illegible] авторегуляцией.

Основой регуляции [illegible] процессы информации, т. е. процессы [illegible] ями системы осуществляется [illegible] изменение, возникающее [illegible] сигнал запускается процесс, [illegible] го системы. Когда [illegible] сигнал для выключения процесса.

Понижение содержания АТФ [illegible] сигнал, [illegible] процесс синтеза АТФ. [illegible] АТФ [illegible] нормы — это новый сигнал, [illegible] АТФ.

Каким же образом работает [illegible], как она обеспечивает процессы авторегуляции в ней?

Прием сигналов внутри клетки [illegible] ферментами. Ферменты, как и большинство белков, обладают неустойчивой структурой. Под влиянием ряда факторов, в том числе многих химических агентов, структура фермента нарушается и каталитическая активность его утрачивается. Это изменение, как правило, обратимо, т. е.

после устранения действующего фактора структура фермента возвращается к норме и его каталитическая функция восстанавливается.

Механизм авторегуляции клетки основан на том, что вещество, содержание которого регулируется при определенной концентрации, способно к специфическому взаимодействию с порождающим его ферментом. В результате этого взаимодействия структура фермента деформируется и каталитическая активность его утрачивается.

Механизм авторегуляции клетки работает следующим образом. Мы уже знаем, что химические вещества, вырабатываемые в клетке, как правило, возникают в результате нескольких последовательных ферментативных реакций. Вспомните бескислородный и кислородный процессы расщепления глюкозы. Каждый из этих процессов представляет длинный ряд — не менее десятка — реакций. Вполне очевидно, что для регуляции таких многочленных процессов достаточно выключения какого-либо одного звена. Достаточно выключить хотя бы одну реакцию — и остановится вся линия. Именно этим путем и осуществляется регуляция содержания АТФ в клетке. Пока клетка находится в покое, содержание АТФ в ней около 0,04%. При такой высокой концентрации АТФ она реагирует с одним из ферментов бескислородного процесса расщепления глюкозы. В результате этой реакции все молекулы данного фермента лишены активности и конвейерные линии бескислородного и кислородного процессов бездействуют. Если благодаря какой-либо деятельности клетки концентрация АТФ в ней снижается, тогда структура и функция фермента восстанавливаются и бескислородный и кислородный процессы запускаются. В результате происходит выработка АТФ, концентрация ее увеличивается. Когда она достигнет нормы (0,04%), конвейер бескислородного и кислородного процессов автоматически выключается.

По образцу авторегуляции АТФ происходит авторегуляция содержания и других веществ в клетке.

Вопросы и задания

1. Что называется авторегуляцией? На чем основан механизм авторегуляции клетки? 2. Каким образом в клетке поддерживается постоянное содержание АТФ, несмотря на постоянную трату ее в процессе жизнедеятельности? 3. Почему при интенсивной мышечной деятельности резко усиливается процесс дыхания?

§ 41. Раздражимость и движение клеток

Раздражимость. На любой организм постоянно действуют разнообразные факторы внешней среды, например: свет, температура, давление, звук, электрический ток, сила тяжести и др. Действие всех внешних факторов-раздражителей вызывает у организма ответные реакции, в основе которых лежит свойство раздражимости клеток. Раздражимостью называют способность организмов, а также клеток отвечать на воздействия внешней среды определенными реакциями.

Раздражимость можно наблюдать у любых клеток и организмов. У простейших, например у амеб, эвглен, инфузорий, реакция на из-

нение условий среды проявляется в передвижении их по отношению к раздражителю. Такие движения называются **таксисами.**

Если простейшие движутся по направлению к раздражителю, то такие движения их именуются *положительным таксисом*; движения же простейших от раздражителя носят название *отрицательного таксиса.* Те движения, которые [illegible] в ответ на действие света, получили название фототаксиса. Пример фототаксиса — движение зеленых жгутиконосцев по направлению к источнику освещения: если аквариум, в котором [illegible], освещен со всех сторон, то [illegible] толще воды. Если же наиболее [illegible] часть аквариума, то [illegible] ной части, проявляя [illegible] к свету.

Движения простейших [illegible] химических веществ, именуются хемотаксисами. [illegible] у инфузорий-туфелек: если в пробирку [illegible] находящимися в ней инфузориями, то через [illegible] они все соберутся в верхнем слое воды, [illegible]. Инфузориям необходим кислород для [illegible] к нему проявляют положительный хемотаксис. [illegible], которые возникают под влиянием [illegible] термотаксисом. Термотаксис можно также легко наблюдать у инфузорий-туфелек. Для этого [illegible] количеством среды, в которой они [illegible] капилляр, который с одной стороны [illegible], а с другой стороны подогревается горячей [illegible] 35—40°. Туфельки, сначала равномерно распределенные [illegible] длине капилляра, начинают двигаться от [illegible] горячих его участков, проявляя к ним *[illegible] термотаксис* и собираясь в средней зоне с температурой 24—28°, которая для них служит оптимальной, т. е. [illegible]. [illegible] к этой температуре они обнаруживают [illegible] *термотаксис.*

Явление раздражимости [illegible] и у клеток растений. Чаще [illegible] у растений [illegible] раздражимости в форме [illegible] двигательных [illegible] движения, направленные к раздражителю [illegible], называются **тропизмами.** У растений [illegible] фототропизмы — движения, [illegible]. Растения тянутся к свету, изгибаются по направлению к нему. [illegible] реакции лежит **свойство раздражимости их клеток.**

Иногда же клетки растений [illegible] на действие раздражителей. Примером может служить быстрая реакция у растения, известного под названием стыдливая мимоза (рис. 100). При любом прикосновении к мимозе, при помещении в темноту или в условия повышенной температуры листья ее складываются и как бы увядают. Как только действие раздражителя прекращается, листья мимозы принимают прежнее положение. В основе этой быстрой реакции мимозы лежит также свойство раздражимости ее клеток.



Рис. 100. Веточка стыдливой мимозы:
слева — в обычном состоянии, справа — после действия раздражителя.

Рассмотрим еще один пример быстрой реакции растения на действие раздражителя. На болотах, а иногда и по берегам ручьев растет росянка — растение, питающееся насекомыми (рис. 101). Росянка — небольшое, повсеместно распространенное растение, с розеткой стелющихся по земле листьев, похожих на лопаточки. Поверхность каждого листа покрыта чувствительными волосками красного цвета. Кончик каждого волоска утолщен и покрыт капельками блестящего, как роса, и липкого, как клей, сока. Если на такой лист сядет насекомое, например комар или небольшой жук, то клейкий сок волосков сразу же затрудняет его движения и насекомое оказывается в западне. Волоски листа, задетые насекомым, быстро складываются над пойманной добычей и обильно поливают ее соком. Сок, выделенный секреторными клетками листа, содержит ферменты, под действием которых расщепляются белки. Насекомое переваривается и через несколько часов всасывается. После этого волоски листа поднимаются, и лист снова готов к охоте.

По сравнению с многоклеточными животными реакции одноклеточных организмов и растений, возникающие в ответ на действие раздражителей, относительно просты: клетки их непосредственно взаимодействуют с внешней средой. У сложных по своей организации многоклеточных животных и у человека нервная система в процессе эволюции стала основным посредником между организмом и окружающей средой. Человек и животные получают информацию об изменениях внешней и внутренней среды посредством рецепторов — особых клеток, обладающих высокой чувствительностью к воздействию разнообразных раздражителей.

Человек имеет 5 видов внешних рецепторов, которые известны вам из курса физиологии (вспомните и назовите их). В теле человека имеется и множество внутренних рецепторных клеток. Например, по всему телу рассеяны [illegible] клетки, в стенках кровеносных сосудов [illegible] клетки, реагирующие на изменение концентрации CO_2 в крови.

Раздражимость — один из [illegible] Пока организм жив, он [illegible] исчезает. [illegible] заключается в том, что [illegible] диться в [illegible] приспосабливаться [illegible] очередь с [illegible] входящих в [illegible] действии раздр[illegible] изменения [illegible] структуры в ответ [illegible] одно из первичных [illegible] в процессе эволюции организмов.

Движение. В теснейшей связи с раздражимостью находится способность клеток и организмов совершать движения. Основу движений составляет сократимость цитоплазмы клеток. Сократимость — одно из основных свойств цитоплазмы живых клеток.

Как правило, растения неподвижно растут на одном месте, и исключение составляют только некоторые одноклеточные водоросли (например, диатомовые), способные к самостоятельному передвижению. Мы уже видели, что на действие таких внешних раздражителей, как свет, растения отвечают движениями листьев и побегов. Кроме того, у растений движения проявляются в росте.

В клетках всех растений постоянно происходит движение цитоплазмы. Эти движения называются *токами цитоплазмы*. Их можно видеть с помощью микроскопа у во-



Рис. 101. Росянка — насекомоядное растение.

дорослей, в клетках листьев традесканции и в других растительных клетках. Токи цитоплазмы имеются также в клетках животных, и их легко наблюдать, например, у таких простейших, как амебы, инфузории.

Способность к передвижениям во внешней среде характерна для многих видов бактерий, простейших, для огромного большинства многоклеточных животных. У организмов, способных к передвижениям во внешней среде, различается 4 типа движения клеток: амебоидное, ресничное, жгутиковое и мышечное. Приведите примеры всех типов движения клеток и организмов.

Вопросы и задания

1. Расскажите о формах раздражимости у простейших и растений. 2. Расскажите о значении рецепторных клеток у многоклеточных животных. 3. Что такое токи цитоплазмы и в каких клетках их можно наблюдать? 4. Для каких клеток характерно амебоидное, ресничное, жгутиковое и мышечное движение?

Глава VII

Происхождение и начальное развитие жизни на Земле

§ 42. Определение понятия жизни

Наблюдая окружающую природу, человек с незапамятных времен разделил ее на мир живых и неживых тел. К живым относятся люди, животные, растения; к неживым — камни, песок, вода, глина, а также трупы животных и растений. Чем же отличаются живые тела от неживых? При сравнении свойств живого тела и его же после смерти казалось очевидным, что из первого уходит что-то такое, что получило название жизни. О природе жизни судили на основании наблюдений за процессом умирания. Наступление смерти совпадает с прекращением дыхания. Казалось логичным предположить, что жизнь отлетает с последним вздохом. Отсюда возникло представление о жизни как о чем-то летучем, нематериальном, подобном дуновению, духу, душе. Все эти воззрения, возникшие в глубокой древности на основе поверхностных наблюдений и суеверий, почти в неизменном виде сохранились до сих пор в различных религиозных учениях. Даже не искушенный в науке человек легко подмечает то общее, что позволяет ему отнести к живым существам человека и дерево, кита и паучка, птицу и слизняка. И когда простой, неученый шлифовальщик стекол Левенгук впервые увидел под микроскопом микробов, он без колебания признал их живыми существами.

Чем же руководствуется человек, когда он относит одни тела к живым, другие — к неживым? Попробуйте подойти к этому вопросу с позиции простого, не искушенного в науке человека.

Многие считают характерным свойством живого тела его способность к движению. После смерти оно утрачивает подвижность. Однако, если бы мы решились дать определение живому телу как телу, способному к движению, мы бы, конечно, ошиблись, так как, с одной

стороны, известно множество несомненно живых тел, но неподвижных, например: губки, почти все растения. С другой стороны, известен ряд тел, способных к активному движению, но несомненно неживых, например: все движущиеся машины и механизмы, созданные человеком. Таким образом, определить живое тело по одной способности его к движению нельзя.

Другим признаком, считающимся характерным для живых организмов, является их способность к дыханию. Дышат люди, животные и растения. После смерти дыхание [illegible]. Однако эти критерии также ошибочны, так как, с одной стороны, известны организмы, совершенно не потребляющие кислорода (некоторые паразитические черви кишечника, [illegible]), а с другой стороны, существуют [illegible] поглощающие кислород и выделяющие [illegible] работающий бензиновый двигатель). Любое [illegible] органических веществ сопровождается поглощением [illegible] и выделением углекислого газа.

Еще один [illegible] — это способность их к размножению. Действительно, [illegible] воспроизведению себе подобных — очень характерно [illegible]. Однако и этот признак не может считаться посто[illegible] жизни, так как, с одной стороны, существ[illegible] живых существ, не способных к воспроизведению [illegible] рабочие пчелы, мулы или кастрированные [illegible] стороны, современная техника (техническая кибер[illegible] конструировать и создавать машины, способные воспро[illegible] подобные машины; ясно, что эти устройства никто не сочтет живыми.

Мы выбрали три признака и видим, что ни один из них не является вполне характерным для живых тел и не может быть использован в качестве его определения.

Как видим, охарактеризовать явление жизни представляет непростую задачу. Попытки найти самое существенное в жизни и дать ее определение делались в прошлом неоднократно. Среди авторов определений жизни мы находим знаменитых ученых, философов и естествоиспытателей: Аристотеля, Канта, Ламарка, Кювье и многих других. Среди старых определений жизни нет, однако, ни одного заслуживающего внимания. Некоторые определения настолько туманны, что нет возможности постигнуть их смысл. Вот, например, одно из таких определений: «Жизнь есть душа мира, уравнение вселенной». Другие определения хотя и более понятны, но ничего не объясняют. Так, например, во французской энциклопедии давалось такое определение: «Жизнь есть противоположность смерти». Видный французский ученый XIX века Клод Бернар в своей книге охарактеризовал все попытки дать определение жизни несостоятельными и никчемными. По его мнению, иного нельзя было и ожидать, так как жизнь настолько сложное явление, что дать определение ее сущности невозможно.

Почти одновременно с книгой Клода Бернара вышла другая книга, автором которой был один из основоположников научного комму-

низма — Фридрих Энгельс. Книга эта «Анти-Дюринг». Энгельс указывает на успехи, достигнутые естествознанием, и дает следующее ставшее классическим определение жизни: «Жизнь есть способ существования белковых тел, и этот способ существования заключается, по существу, в постоянном самообновлении химических составных частей этих тел». Как видим, Энгельс не ограничивается одним лишь указанием на признаки жизни, но он подчеркивает самые существенные ее черты. Определение Энгельса состоит из двух частей. В первой указывается на характерное для живых тел, резко отличающее их от неживых тел, — содержание в них белка. Мы уже знаем (стр. [illegible]), что белки являются главной и постоянной составной частью всех без исключения живых систем — от самых примитивных до самых сложных и высокоорганизованных. «Повсюду, где мы встречаем жизнь, — пишет Энгельс, — мы находим, что она связана с белком, и повсюду, где имеются белки, мы встречаем без исключения и явления жизни».

Но белки — вещества с легко изменяемой структурой. Для живого состояния характерно присутствие не любого белка (труп состоит также из белка), но лишь белка, сохраняющего свою уникальную конфигурацию, свою первичную, вторичную и третичную структуру, с присущими ему природными свойствами. При умирании организма белки его утрачивают нативную структуру, макромолекулы развертываются и белки переходят в денатурированное состояние. Для поддержания белка в нативной, присущей живому состоянию форме необходимо наличие условий, при которых может быть устойчивой нативная форма белка. Во второй части определения Энгельс и говорит о способе существования белка. Этот способ — обмен веществ, при помощи которого создаются и поддерживаются условия для сохранения белка в нативном состоянии в живой системе и выполнения присущих ему функций. Определение жизни, сформулированное Энгельсом, прекрасное по форме и глубокое по содержанию, оказало существенное влияние на развитие исследований белка как основного субстрата жизни и до сих пор пользуется широким признанием.

После опубликования «Анти-Дюринга» прошло уже более 80 лет. За этот период времени в разных областях естествознания были сделаны крупные открытия. Значительны и успехи науки о жизни. Были открыты нуклеиновые кислоты, открыт механизм их редупликации, выяснено их значение в передаче наследственных свойств. Возникли новые биологические науки: биофизика и биохимия, бионика и молекулярная биология. В связи с развитием кибернетики получило значительное распространение моделирование жизненных явлений — конструирование и построение аппаратов, имитирующих различные стороны жизненного процесса. Были осуществлены, наконец, полеты в космос, и стала реальностью возможность обнаружения новых форм жизни на других планетах. Все эти обстоятельства, естественно, стимулировали исследователей на поиски новых определений жизни, в которых отразились бы новейшие достижения биологии.

В новых определениях жизни прежде всего нашли отражение результаты проникновения в биологию точных наук: физики, матема-

тики, химии, кибернетики. Так, например, почти во всех новых определениях жизни одним из первых пунктов является указание на то, что живое тело — это открытая система. Понятие «открытая система» заимствовано из физики. Под открытыми системами понимают динамические (т. е. не находящиеся в покое) системы, устойчивые при условии непрерывного доступа [illegible] материи извне. Наглядным примером открытой [illegible] резервуар, постоянство уровня воды в [illegible] поступлением воды из крана и [illegible]. Открытые системы — это большинство [illegible], паровая машина, электровозы. Все они [illegible] поступления горючего или [illegible] представляет собой, несомненно, [illegible] существует, пока в него пост[illegible] из внешней среды, а отбр[illegible] среду. [illegible] как любое живое тело — от [illegible] — является открытой системой. [illegible] характеристику в определение жизни.

Второе универса[illegible] — это их способность к авторегуляции, [illegible] сохранять и поддерживать постоянство [illegible].

Третья особен[illegible] — [illegible] их химического состава. Кроме бе[illegible] уже выдвинул Энгельс, сущест[illegible] частью живых тел служат нуклеи[illegible] поэтому, кроме указания на ро[illegible] систем, подчеркивается также значение н[illegible]. [illegible] одно из современных определений жизни, постарайтесь его объяснить.

«Живые тела, су[illegible] представляют собою открытые, сам[illegible] системы, построенные из биопол[illegible] кислот[1].

Обратите вни[illegible] этого определения: «Живые тела, [illegible]. (Очевидно, не исключается возможность, что на [illegible] обнаружены живые тела, существенно от[illegible].

Вопросы и задания

1. Приведите определение понятия жизни по Ф. Энгельсу. 2. П[illegible] из известных вам современных определений жизни.

§ 43. Отсутствие жизни на Земле в отдаленный период развития планеты

В первый период существования Земли на ней не было и не могло быть жизни. Как известно, жизнь возможна при наличии определенных условий. Одним из таких условий является температура среды. Подавляющее большинство организмов способно активно существо-

[1] Автор этого определения — советский ученый проф. М. В. Волькенштейн.

вать в сравнительно узкой зоне температур, примерно от −20 до +50°C. Отклонения в обе стороны от этой зоны опасны для жизни.

Между тем, по данным современной космологии, температура планет, в том числе и Земли, в начальный период их существования достигала миллиона и больше градусов. Конечно, представить себе возможность существования жизни в таких условиях немыслимо.

Можно, таким образом, утверждать, что Земля в начальный период своего существования была мертва и бесплодна. Она была абсолютно стерильна. Тем не менее на стерильной Земле возникла жизнь, появились первые организмы со всеми атрибутами жизни, с обменом веществ, с раздражимостью, способностью к размножению, к эволюции и т. д. Можно предполагать, что 2 — 2,5 млрд. лет назад, вероятно, и произошло это величайшее событие в истории Земли — возникновение на ней жизни.

Как выглядел первенец жизни — неизвестно. Явился ли он в одном экземпляре и затем размножился или в разных местах Земли первые существа в то время возникали массами — неведомо. Возник ли живой организм на Земле только один раз или на протяжении длинной истории Земли на ней не раз еще появлялись организмы, давшие начало разным фаунам и флорам, — новая загадка. Все эти вопросы остаются пока без ответа и ждут своих исследователей. Основная сложность проблемы происхождения жизни на Земле состоит, однако, не в решении подобных вопросов. Сложность и исключительный интерес проблемы состоят в том, что, по данным современной биологии, любое живое существо — от самого примитивного, до самого сложного и высокоорганизованного — рождается только от своих родителей, т. е. от живых же существ. Появление же первобытного организма произошло явно каким-то иным способом: он возник, как выше сказано, на стерильной Земле, до него ничего живого на Земле еще не было. Как же это могло произойти?

Следует учитывать, что на этот вопрос исчерпывающего ответа еще нет. Несмотря на замечательные успехи биологических, химических и физических наук, несмотря на подробное и всестороннее знание структурных биохимических и функциональных основ жизненного процесса, наука еще не располагает данными, чтобы решить этот вопрос точно и убедительно. В этой области еще до сих пор больше поисков, чем решенных вопросов, больше гипотез, чем знания.

Вопросы и задания

1. Какие существуют соображения о том, что в начальный период существования Земли на ней не было и не могло быть жизни? 2. Какие данные представляет палеонтология в пользу того, что жизнь на Земле когда-то началась?

§ 44. Донаучные представления о происхождении жизни

В античное время и в средние века уровень знаний по биологии был очень низким. Серьезные выводы делались на основании поверхностных и недостоверных наблюдений. Широким признанием и распрост-

ранением пользовалось учение о зарождении живых существ из неживого материала. В то время были широко распространены взгляды, что лягушки в пруду возникают из ила или тины, черви из навоза или гниющего мяса, а мухи, тараканы, клопы из грязи и отбросов. Следует при этом подчеркнуть, что подобные представления царили в головах не только простых, необразованных людей, но они выдвигались и защищались учеными, что способствовало распространению и укреплению этих взглядов. Так, например, видный фламандский ученый ван Гельмонт (1575—1640) в своей книге указывает на возможность зарождения мышей из грязного белья. Другой крупный ученый той же эпохи — врач-алхимик Парацельс (1485—1540) опубликовал способ искусственного приготовления человека (гомункулюса).

Нам сейчас кажутся весьма удивительными и даже забавными подобные идеи, но в то время к ним относились с полным доверием. Для того чтобы понять это, нужно представить себе эпоху, ее обстановку, ее философию. Это было прежде всего время расцвета религии. Для верующего человека вопрос о происхождении жизни решается просто: она является божественным творением, т. е. чудом. Наряду с религией в эпоху средневековья получили значительное развитие ложные науки, такие, как алхимия, астрология, черная магия. Люди верили в существование [illegible] (философского камня), обладание которым будто бы [illegible] человека безграничным могуществом, способностью превращать [illegible] металлы в золото, воду — в вино, старость — в [illegible]. [illegible] идея состояла в признании принципиальной [illegible], т. е. осуществления любого, самого фантастического [illegible]. Для этого, как полагали, требовалось только знание рецепта и [illegible] выполнение всех необходимых предписаний.

Не следует думать, что ложные представления в биологии являются уделом далекого средневековья. Например, всего 150 лет назад в Петербурге вышло четырехтомное сочинение, в котором описывалось, что жабы возникают из гниющих уток, скорпионы — из порошка высушенных скорпионов, раки — из золы сожженных раков. Не забудем, что такие «знания» распространялись в то время, когда давно уже было открыто дифференциальное и интегральное исчисление в математике, законы механики в физике, основные законы в химии. Как видно, развитие биологии еще очень долго и сильно отставало от развития физико-математических, точных наук. Видно также, что ложные представления, возникшие ряд столетий назад, оказались очень живучими. В связи с этим следует высоко оценить усилия отдельных ученых, сумевших противопоставить этому морю суеверия и невежества факты истинной науки.

Вопросы и задания

1. Как представляли себе происхождение организмов на Земле ученые в древней Греции, в средние века? 2. Как можно объяснить «живучесть» представлений о возможности происхождения живых организмов из неживого материала в современных условиях?

§ 43. Доказательства невозможности самопроизвольного зарождения жизни в современную эпоху

На первом месте следует поставить имя итальянского врача Франческо Реди. В 1668 году он опубликовал результаты следующих простых опытов. В 8 стеклянных сосудов было положено по куску свежего мяса. Четыре сосуда были оставлены открытыми, а четыре других были накрыты марлей. Через несколько дней в загнившем мясе появились «черви» (личинки мух). Однако они появились только на мясе, лежавшем в открытых сосудах. На мясе в сосудах, прикрытых марлей, червей не было. Это свидетельствует о том, что черви зарождаются не из самого мяса (как принято было считать), а из яиц, отложенных в мясе мухами. Это был первый удар по представлению о самопроизвольном зарождении. Представление о самопроизвольном зарождении держалось особенно долго в области микробиологии. Если мясной бульон, или раствор сахара, или еще какой-нибудь подобный отвар или раствор поставить в теплое место — все равно в открытых или закрытых сосудах, — в них через несколько дней появлялись микробы. Микробы находятся повсюду: в воде, воздухе, почве, в пыли, среди других организмов; они появляются всегда при гниении и брожении. Казалось бесспорным, что вся природа проникнута жизнью и жизнь проявляется всегда при подходящих условиях тепла и влажности.

Вопрос о возможности самопроизвольного зарождения микроорганизмов был разрешен молодым украинским ученым М. М. Тереховским (1775). Он показал, что если мясной бульон прокипятить и сосуд запаять, то в нем никаких микробов не заводится. Этот опыт, казалось бы, вполне ясно говорил против самопроизвольного зарождения микробов. Однако ученые в то время сочли данные Тереховского неубедительными, так как полагали, что для зарождения жизни необходимо будто бы присутствие свежего воздуха.

Вопрос был окончательно разрешен только спустя 80 лет. Значительный интерес вопроса о происхождении жизни и о возможности самозарождения микробов побудил Парижскую Академию наук в 1860 году назначить премию за работу, содержащую разрешение этого вопроса. Премия была присуждена химику и бактериологу, замечательному экспериментатору Луи Пастеру. Пастер поместил бульон в склянку с длинным узким горлышком S-образной формы (рис. 102). Теперь воздух в сосуд проходил свободно, но микробы из воздуха проникнуть в него не могли, так как они должны были осесть в S-образном колене горлышка. Затем Пастер прокипятил бульон, чтобы убить всех находившихся в нем микробов. После этого сосуды были оставлены в спокойном месте. Теперь микробы в них не заводились. Проходили месяцы, и содержимое сосудов оставалось стерильным. Стоило, однако, один из таких сосудов повернуть так, чтобы содержавшимся в нем бульоном обмыть S-образное колено горлышка и чтобы жидкость обратно стекла в колбу — в ней вскоре же начиналось гниение.

Это происходило потому, что в бульон попадали споры и живые микробы, находившиеся в S-образной части горлышка. Таким обра-

зом, невозможность самопроизвольного зарождения микроорганизмов была убедительно и окончательно доказана.

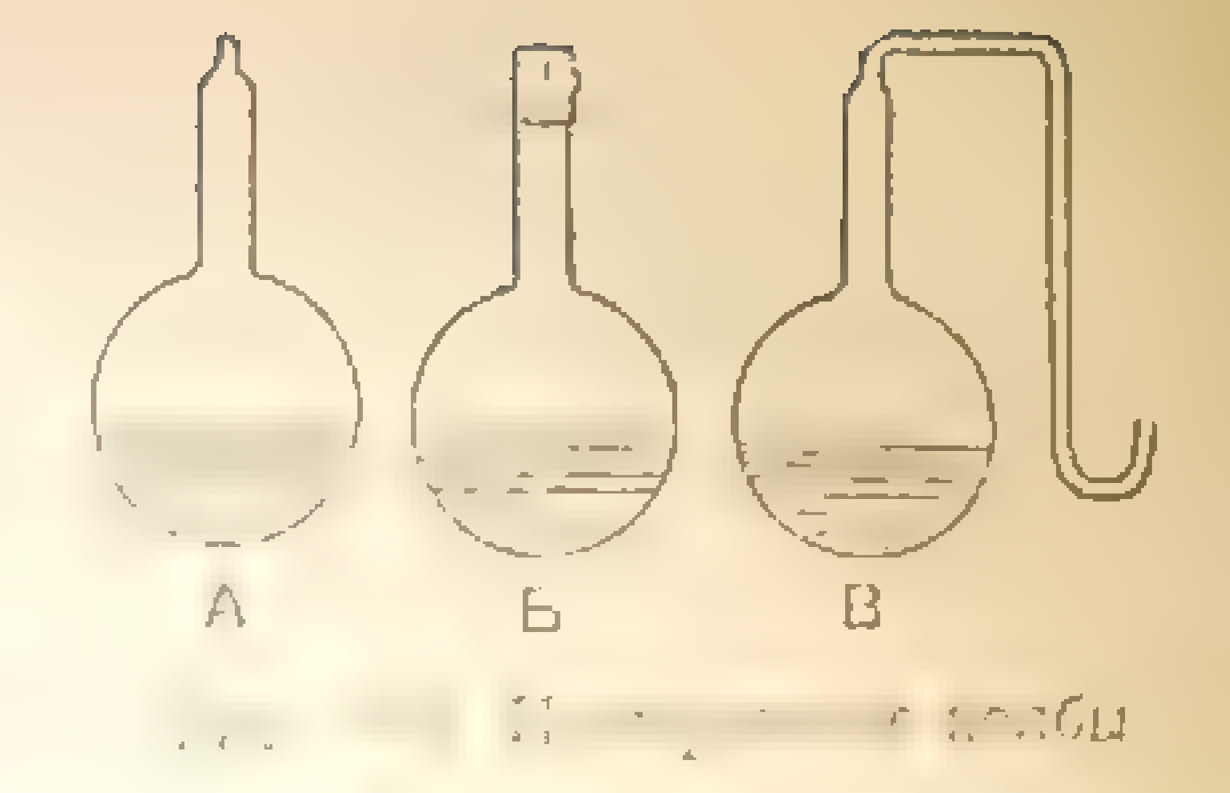


Рис. [illegible] колбы

Работы Пастера получили широкую известность и всеобщее признание. Во многом этому способствовало их крупное практическое значение. На основе их были [illegible] методы стерилизации, разработано учение об асептике и антисептике, при внедрении [illegible] осложнения и смертность после [illegible] было значение этих работ и для развития консервной промышленности.

После работ [illegible] Пастера [illegible] единодушно и безоговорочно [illegible], от самого примитивного до самого сложного [illegible], рождается только от своих родителей, [illegible]. Этот закон был сформулирован в виде [illegible] живое из живого». Но сразу же встал вопрос [illegible] жизнь на Земле, на которой до этого ничего живого не было?

§ 46. Научный период исследования вопроса о происхождении жизни на Земле

Результаты [illegible] убедили научный мир в невозможности самопроизвольного зарождения жизни из неживого в настоящее время. Сам же Пастер и многие его современники из этих данных сделали вывод о том, что зарождение живого из неживого невозможно принципиально, т. е. никогда и ни при каких условиях. Для того чтобы все же объяснить, каким образом могла возникнуть жизнь на Земле, была предложена [illegible] вечности жизни. Мысль состояла в том, что зародыши жизни (споры растений и микроорганизмов, цисты простейших) будто бы рассеяны в космическом пространстве и переносятся с планеты на планету. Горячим сторонником этого взгляда выступил выдающийся ученый конца XIX века, физико-химик С. Аррениус — создатель теории электролитической диссоциации. Эту же точку зрения разделял крупный советский ученый, биогеохимик, академик В. И. Вернадский. Существует ряд сторонников этого взгляда и в настоящее время. Они указывают, что Земля и окружающие ее планеты никогда не были полностью изолированы друг от друга. Напротив, между ними всегда существовала связь и обмен материей. В среднем на Землю падает около 1 *т* метеоритного вещества в сутки. Еще больше оседает пыли — до 250 *т* в сутки. Ряд ученых предполагает, что вместе с метеоритами и пылью на Землю могут проникнуть и живые и жизнеспособные организмы: споры, пыльца растений, микроорганизмы, цисты простейших и т. д. Аррениус высказал предположение, что мельчайшие зародыши жизни могли бы переноситься в

космическом пространстве с громадными скоростями, достигающими нескольких тысяч километров в секунду под давлением света. Конечно, эта точка зрения получила бы серьезную поддержку, если бы было строго доказано присутствие живых организмов в космической пыли и в метеоритах. В настоящее время в музеях Европы и Америки хранится около 600 метеоритов. Многие из них подверглись подробному исследованию. В некоторых из них было открыто присутствие органических веществ. В других были найдены структуры, напоминающие водоросли, в третьих — какие-то окаменевшие, неизвестные на Земле формы организмов. Поиски живых организмов в метеоритах были, однако, до сих пор безуспешными.

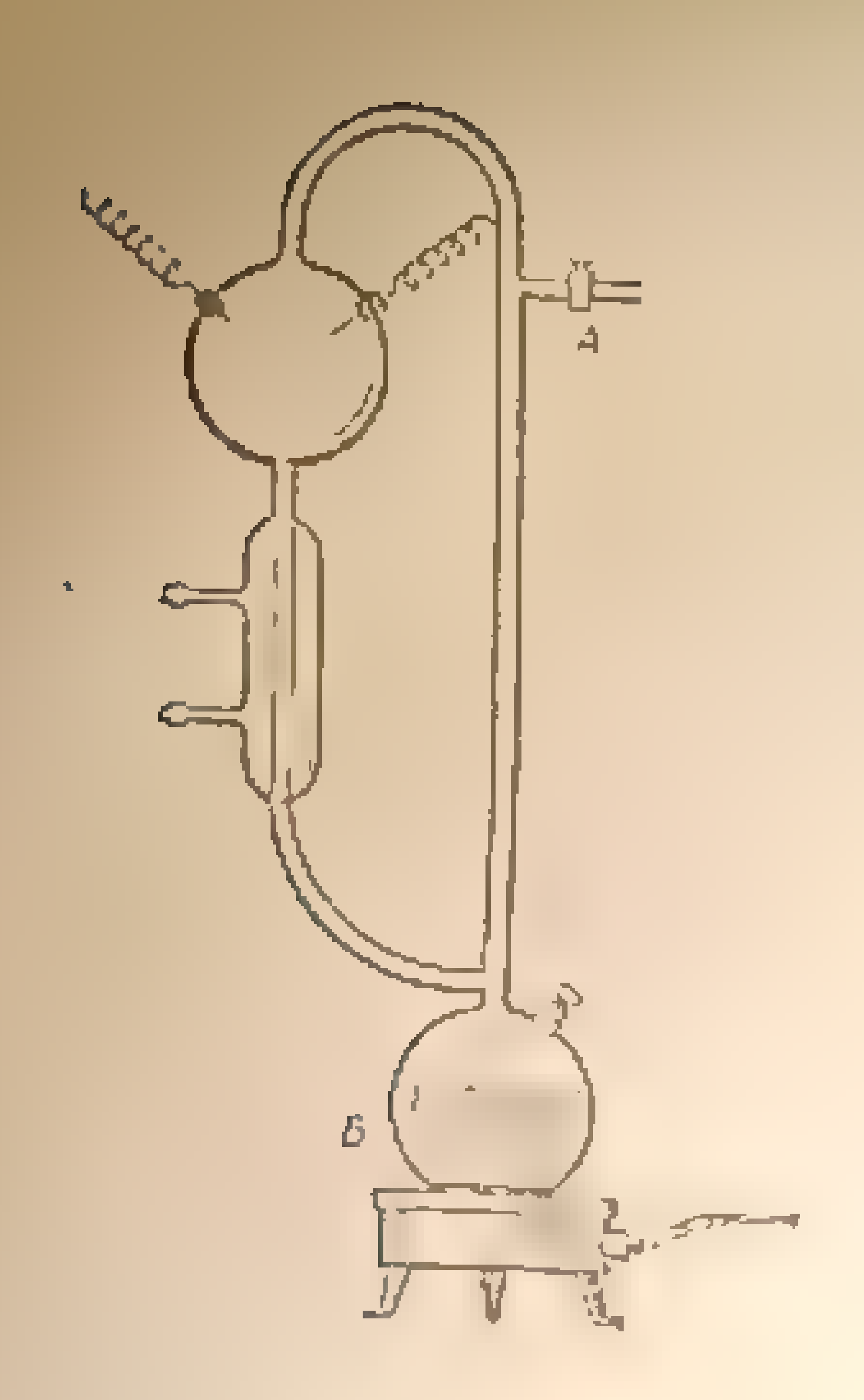
Против гипотезы о переселении жизни на Землю с других планет были многочисленные возражения. Многие считают, что при перенесении организмов в космическом пространстве они будут убиты ультрафиолетовыми лучами, интенсивность которых в космосе очень велика. Говорили также, что [illegible] не в состоянии перенести низкую температуру [illegible] пространства, ни высокую температуру, до которой [illegible], когда он пролетает через земную атмосферу. Однако [illegible] А. А. Имшенецкий указал, что микроорганизмы, укрывшиеся в трещинах метеорита, могут быть надежно защищены от ультрафиолетового облучения, а из опытов ряда других ученых выяснилось, [illegible] споры и другие высушенные организмы способны перенести [illegible] температуры, близкие к абсолютному нулю, а также [illegible] высокие температуры (гораздо выше 100°), особенно если они действуют кратковременно. Таким образом, все эти возражения, видимо, решающего значения не имеют. Более существенно другое принципиальное возражение. Если бы даже было доказано, что на Землю могут попадать живые организмы с метеоритами и, следовательно, возможно, что жизнь на Земле возникла путем заноса ее с других планет, каким же образом возникла жизнь на этих других планетах? По данным космологии, история возникновения и история развития планет близки между собой. Все они проходят стадию звезд, т. е. стадию, когда они представляют собой раскаленные, светящиеся тела, и, следовательно, в этот период температурные условия на их поверхности абсолютно несовместимы с жизнью. Каким же образом возникла жизнь на этих планетах? Приняв, таким образом, гипотезу о переселении жизни с планеты на планету, мы фактически уходим от решения вопроса о происхождении жизни. Вот почему эта гипотеза, хотя и не лишена правдоподобия, не пользуется признанием биологов.

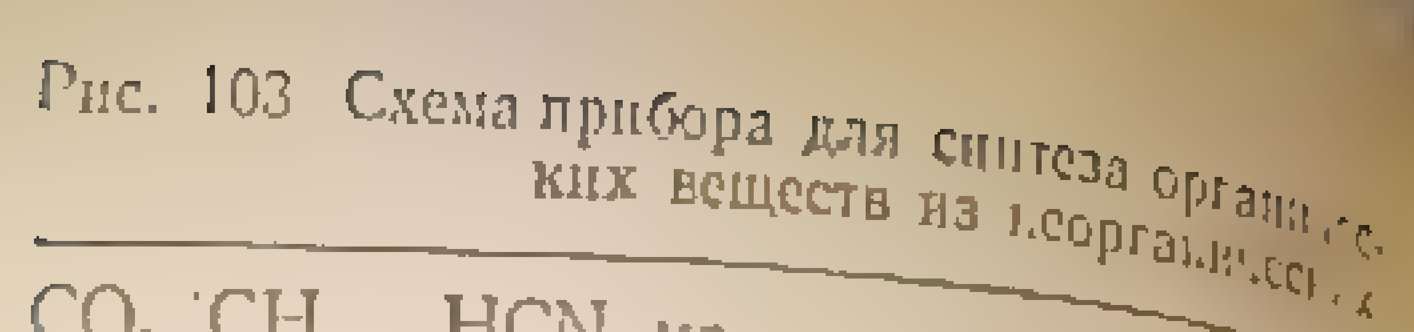
Гораздо больший интерес привлекает другая точка зрения, согласно которой жизнь возникла на самой Земле из неорганической, т. е. неживой, материи. Согласно этой точке зрения, разработанной главным образом трудами советского ученого акад. А. И. Опарина, на Земле и на других планетах на одном из этапов их длительной эволюции возникают условия, при которых становится возможным и даже неизбежным возникновение жизни. Не будем, однако, забегать вперед и рассмотрим этот сложный вопрос по порядку.

Вернемся снова к далекому прошлому Земли и других планет, когда они представляли собой раскаленные газообразные шары. По сравнению с массой Солнца массы планет были невелики. Поэтому термоядерные реакции закончились на них раньше, чем на Солнце, и планеты начали остывать. Они продолжали вращаться, и содержащиеся в них тяжелые атомы (никеля, железа) концентрировались в центре, более легкие атомы (кремния, алюминия) собирались в средние слои, а самые легкие атомы (водорода, углерода, азота, кислорода) располагались на поверхности. Это обстоятельство представляется весьма многозначительным. Следует подчеркнуть и запомнить, из четырех элементов — водорода, углерода, азота и кислорода — главным образом и состоят организмы (стр. 136).

Когда температура наружных слоев планеты упала до двух тысяч градусов, атомы [illegible] элементов соединялись друг с другом и образовывали химические соединения. Водород с кислородом дал H_2O, водород с углеродом — метан (CH_4), углерод с кислородом — CO_2, водород с азотом — аммиак (NH_3), водород, углерод и азот образовали цианистоводородную кислоту (HCN) и т. д. Кроме соединений между разными атомами, свободные атомы водорода, азота и кислорода соединялись в молекулы H_2, N_2, O_2. Прошло еще много тысячелетий (или, может быть, миллионов лет), прежде чем поверхность планеты охладилась до нескольких сот градусов, но начало изменяться агрегатное состояние составляющих ее веществ. Наиболее легкие, низкокипящие соединения водорода, углерода, азота и кислорода — H_2, N_2, CH_4, CO_2 и др. — [illegible] в широком интервале температур. Многие из них существуют и теперь на Земле в газообразном состоянии. Они образуют самый наружный слой Земли — ее атмосферу. Более высококипящие вещества превращались в жидкости, затем они затвердевали. Образовалась кора — сначала тонкая и хрупкая, затем все более массивная и прочная. Целость коры часто нарушалась: она вспучивалась от [illegible], сотрясавших ее недра, в разных местах образовывались кратеры и из них на поверхность Земли извергались массы раскаленной лавы. На поверхности планеты образовались горы и глубокие впадины. Поверхность ее еще долго оставалась очень горячей. Условия, господствовавшие на Земле в ту далекую эпоху, возможно, напоминают условия, которые существуют в настоящее время на Венере. Как известно, советская межпланетная станция «Венера-4» плавно опустилась на поверхность Венеры и провела ряд исследований свойств атмосферы этой планеты и ее поверхности. Температура у поверхности Венеры оказалась равной 280°. При такой температуре олово находится в жидком состоянии, а вода в виде пара. В ту эпоху, когда температура на поверхности Земли была такой, какая она сейчас на Венере, на Земле не было воды. Над Землей на сотни километров стояли густые облака водяного пара.

Когда температура на поверхности Земли стала ниже 100°, начались проливные дожди. Они шли день и ночь в течение тысячелетий, вода постепенно наполняла впадины на земной поверхности, и образовались моря и океаны. В горячей дождевой воде растворялись NH_3,




Рис. 103 Схема прибора для синтеза органических веществ из неорганических

CO_2, CH_4, HCN из атмосферы, а также соли и другие вещества, вымываемые из поверхностных слоев Земли.

В ту далекую эпоху Солнце светило ярче, чем теперь, и излучение Солнца представляло мощный источник энергии. Грозы в то время были часты и необычайны по своей силе, и в поверхность Земли то и дело ударяли молнии. В таких условиях между веществами, растворенными в первобытном океане, неизбежно должны были происходить химические реакции, в результате которых могли образоваться органические соединения.

Первым шагом на пути возникновения жизни на Земле стал небиологический (абиогенный) синтез органических молекул из неорганических.

Для изучения химических реакций, которые могли происходить на Земле в условиях, существовавших на ней несколько миллиардов лет назад, американским ученым Миллером был сконструирован аппарат, устройство которого видно из рисунка 103. В аппарат (через кран *А*) вводятся некоторые вещества, которые могли находиться в воде первобытного океана: H_2O, CO_2, NH_3, CH_4. Колбочка (*Б*) подогревается, и вода в ней кипит, водяной пар заполняет аппарат, и температура в нем поддерживается около 80°. В расширенной части аппарата в стенки впаяны два электрода и пропускается ток, дающий искровые разряды. В холодильнике водяной пар конденсируется в воду, которая стекает обратно в колбочку. Аппарат хорошо герметизирован и работает непрерывно в течение многих часов. Уже в первые дни было отмечено изменение цвета жидкости в колбочке: из бесцветной она стала желтой, а к исходу недели темно-коричневой. При анализе раствора в нем было обнаружено присутствие большого числа разнообразных органических соединений: спиртов, альдегидов, кислот, сахаров, аминокислот и ряда других. Сходные результаты были получены советскими учеными Пасынским и Павловской. Они исследовали влияние фактора, действие которого в начальные периоды существования Земли было, вероятно, еще большим, чем электрические разряды, а именно ультрафиолетового излучения.

Вполне ясно, таким образом, что на Земле в древнюю эпоху могло происходить образование органических соединений. Органические молекулы вступали во взаимодействие друг с другом и образовывали более сложные соединения. В течение миллионов лет возникали и разрушались бесчисленные варианты новых соединений—от простых до самых сложных и высокомолекулярных. Среди них могли быть, по-видимому,

вещества любых классов органических соединений: и углеводы, и жиры, и белки, и нуклеиновые кислоты. Экспериментальные исследования последних лет подтверждают этот вывод с полной очевидностью. В 1963 году были опубликованы результаты опытов известного немецкого биохимика Шрамма, который [illegible] в нее электродами ввел раствор сахара, [illegible] и соли фосфорной кислоты. Смесь подогревалась до [illegible] электрические разряды. Через [illegible] было обнаружено присутствие [illegible] типа ДНК и РНК. Не может быть [illegible] на Земле в [illegible] и биологическим путем [illegible] сложности.

Органические [illegible] первобытного океана. Они [illegible] раствора. Но для [illegible] распределение вещества, а сгущение его и образование индивидуальных, обособленных от внешней среды систем — организмов.

Вторым шагом на пути возникновения жизни на Земле был процесс концентрирования органических веществ.

Как происходило [illegible]. Возможно, что сгустки органических [illegible] в прибрежном песке или в виде пены выделялись на [illegible]. Академик Опарин считает наиболее вероятным, [illegible] в силу присущей всем высокомолекулярным [illegible] способности самопроизвольно концентрироваться [illegible] так называемые коацерваты. Явление коацервации [illegible] в некоторых условиях (например, в присутствии [illegible]) высокомолекулярные вещества отделяются из [illegible], а в виде раствора же, но более концентрированного. Таким образом, раствор, оставаясь жидкостью, [illegible] раствора, отличающихся по [illegible] вещества. Более концентрированный [illegible] коацерватом.

При [illegible] коацервата он разбивается на мелкие капельки (рис. 104). Капельки коацервата представляют собой многомолекулярную систему, обладающую [illegible] организацией. Благодаря более высокой концентрации органических веществ в коацервате и, следовательно, более тесному расположению молекул возможность их взаимодействия между собой резко увеличивается. Таким образом, благодаря концентрированию органических веществ возможности органического синтеза значительно расширяются.

Исследования академика А. И. Опарина показали, что капелька коацервата проявляют ряд свойств, внешне [illegible] свойства живой системы: они, например, способны поглощать из окружающего раствора различные вещества. Это напоминает процесс питания. В результате поглощения веществ капельки коацервата увеличиваются в размерах: внешне это сходно с процессом роста клетки. Можно подобрать такие условия опыта, при которых вещества,

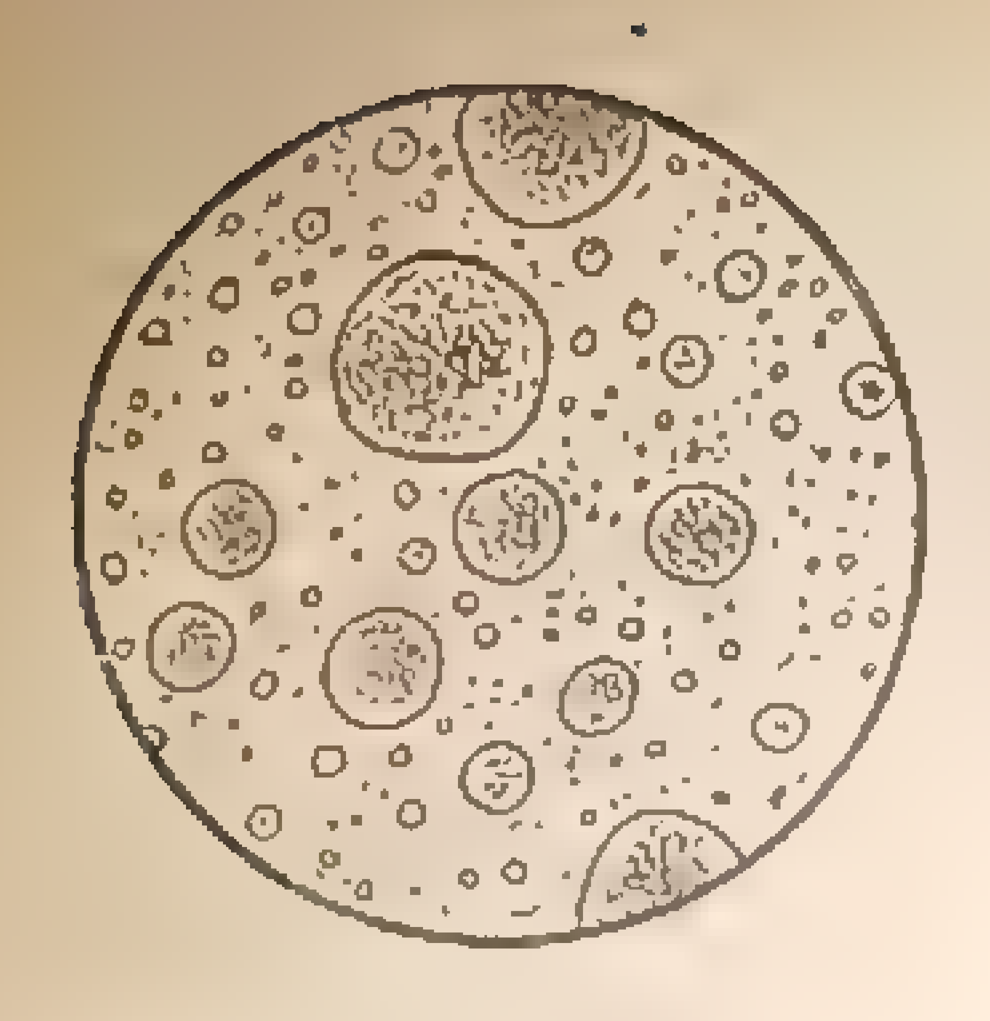


Рис. 101. Коацерватные капли.

поглощенные коацерватом, будут вступать между собой в реакцию, а продукты этой реакции будут выделяться из коацервата в окружающую среду. Это похоже на процесс выделения из клетки продуктов обмена веществ. По мнению А. И. Опарина, между капельками коацервата происходит даже нечто напоминающее борьбу за существование, в результате которой в целости остаются капельки более устойчивые, более приспособленные к окружающей среде.

Хотя коацерваты и по своей форме, и по некоторым свойствам внешне напоминают живые объекты, они являются, конечно, неживыми образованиями. В них еще отсутствует главный признак живого организма, а именно способность к воспроизведению одних и тех же молекул, входящих в его состав, в них нет еще столь характерной для живой системы способности к самообновлению своего состава.

Третьей и последней ступенью к созданию жизни и явилось возникновение процесса самовоспроизведения молекул.

Изучая биосинтез белка (стр. 168), мы познакомились с полинуклеотидами — ДНК и РНК и замечательной способностью их к редупликации. Полинуклеотиды содержатся на всех ступенях эволюции во всех живых системах, от самых простых до самых сложных — от вирусов до нервных клеток человека. Возможно, что первыми самовоспроизводящимися молекулами могли быть также полинуклеотиды. Первобытные полинуклеотиды были, наверное, значительно проще, чем современные, и содержали всего один-два десятка звеньев. Процесс редупликации происходил у них, вероятно, медленнее, чем в наше время. Однако сборка на молекуле такой же по составу и структуре другой молекулы означала возникновение нового принципа химического синтеза — матричного синтеза, столь характерного для живых систем.

Конечно, в истории этого перехода от коацервата к простейшей системе, способной к самовоспроизведению, многое еще неясно. В этом процессе у современных нам клеток участвуют, кроме самовоспроизводящейся молекулы, также ферменты, катализирующие процесс «сшивания» полинуклеотида. Для осуществления этого процесса необходимо также присутствие молекул АТФ, поставляющей энергию. Впрочем, возможно, что все эти необходимые компоненты процесса самовоспроизведения были в наличии в воде первобытного океана и поглощались капельками коацервата. Возможно, что первобытные существа были подобны современным вирусам, которые по своему составу представляют собой почти чистый полинуклеотид. Правда, современные вирусы способны размножаться только внутри живой клетки. Возможно, однако, что на заре жизни предки нынешних вирусов

могли размножаться в капельках коацервата, так как в них могли быть все необходимые для этого условия.

В процессе воспроизведения полинуклеотидных молекул в некоторых случаях возникают «ошибки», т. е. новая молекула полинуклеотида не вполне точно копирует исходную. В дальнейшем, однако, происходит копирование уже этой новой, измененной молекулы. Таким образом возникают изменения. Частота их резко повышается при воздействии излучений, особенно при действии ионизирующих излучений.

Первобытные организмы по способу своего питания были настоящими гетеротрофами, так как они использовали уже готовые органические вещества. Питание в этот период не было острой проблемой: первичный океан содержал достаточное количество разнообразных соединений. По мере размножения организмов запасы органических веществ, однако, иссякали, а синтез новых их протекал с крайней медленностью. Началась борьба за пищу, в которой выживали более активные, более стойкие и приспособленные. Случайно приобретенные в результате наследственных изменений полезные приспособления, или особенности строения, или особенности характера обмена веществ закреплялись отбором, если они давали хотя бы небольшие преимущества выжить. По-видимому, именно в результате действия отбора закрепились многие свойства живых образований, приведшие к превращению первичных организмов в современные вирусы и клетки. Так, например, образовалась защитная оболочка вокруг нуклеиновой кислоты у вирусов или возник слой цитоплазмы вокруг ядра, образовалась поверхностная мембрана у клеток и т. д.

Крупным шагом на пути эволюции жизни было возникновение автотрофного питания. В условиях все уменьшающихся запасов органических соединений у некоторых организмов возникла способность к самостоятельному синтезу органических соединений из простых неорганических веществ окружающей среды. Энергию, необходимую для такого синтеза, некоторые организмы стали освобождать путем простейших химических реакций окисления и восстановления. Так возник хемосинтез, который и в настоящее время является источником энергии у некоторых бактерий.

Но особенно крупным прогрессивным изменением типа ароморфоза было возникновение фотосинтеза. Видимый свет Солнца представлял неисчерпаемый, постоянный источник энергии. По-видимому, еще на заре жизни у каких-то организмов возникли окрашенные молекулы, предшественники современного хлорофилла, катализировавшие реакции фотолиза воды, синтеза АТФ и НАДФ-H_2 с использованием солнечной энергии. Возникновение и развитие фотосинтеза оказало громадное влияние на дальнейшую эволюцию жизни. В период возникновения жизни как в атмосфере, так и в океане не осталось свободного кислорода: этот активный элемент был связан другими элементами и находился в составе различных неорганических веществ. Поэтому первоначально организмы получали энергию путем бескислородных реакций органических веществ (стр. 158). Этот путь полу-

чения энергии, как мы знаем, малоэффективен и требует большого количества пищи. С развитием фотосинтеза и появлением в атмосфере и воде свободного кислорода возник новый путь освобождения энергии, а именно кислородный путь расщепления (см. стр. 161).

Кислородный процесс примерно в 20 раз эффективнее бескислородного, и организмы, выработавшие способность к дыханию, стали быстро и успешно развиваться.

Фотосинтез способствовал развитию жизни на Земле еще иным путем. Дело в том, что Земля в период возникновения на ней жизни подвергалась интенсивному воздействию излучения Солнца, которое было губительно для жизни. Вода поглощает излучение, поэтому жизнь первоначально была возможной только в океане. По мере развития фотосинтезирующих организмов и накопления кислорода часть его превращалась в озон, обладающий способностью интенсивно поглощать ультрафиолетовое и ионизирующее излучение. В результате на Землю попадало все меньше и меньше губительного излучения и стала возможной жизнь на суше. Жизнь «вышла» из воды и распространилась по всей поверхности Земли.

Часто спрашивают: «Возможно ли возникновение жизни на Земле небиологическим путем в наше время?» По-видимому, невозможно, так как, если бы где-нибудь произошло образование органических веществ, они немедленно же были бы поглощены гетеротрофными организмами. В наше время живые тела возникают только биологическим путем, т. е. в процессе рождения от себе подобных существ.

Вопросы и задания

1. В чем сущность гипотезы о вечности жизни и почему эта гипотеза не пользуется признанием среди биологов? 2. Охарактеризуйте основные этапы зарождения жизни на Земле по представлениям академика А. И. Опарина. 3. Какое значение для развития жизни на Земле имело возникновение фотосинтеза? 4. Какие известны экспериментальные доказательства возможности абиогенного синтеза органических соединений?

Глава VIII

Размножение и индивидуальное развитие организмов

Размножение, или способность к самовоспроизведению, — одно из основных свойств всех живых организмов — от бактерий до млекопитающих и цветковых растений. Благодаря ему обеспечивается существование каждого вида, поддерживается преемственность между родительскими особями и их потомством. Формы размножения организмов разнообразны и будут рассмотрены ниже.

В основе всех форм размножения лежит деление клетки, протекающее довольно сходно у растений и животных. Поскольку сложные процессы, связанные с половым размножением, возникли на основе деления клетки, мы прежде всего рассмотрим процесс, приводящий к образованию из одной клетки двух.

§ 47. Митотическое деление клетки

Интерфаза и различные способы деления клеток. Различают два способа деления: 1) наиболее распространенное, полноценное деление — митоз (непрямое деление) и 2) амитоз (прямое деление). Во время митотического деления происходит перестройка цитоплазмы, разрушение оболочки ядра, выявление хромосом. В жизни клетки выделяют период самого митоза и промежуток между делениями, который называют интерфазой. Однако период интерфазы (неделящиеся клетки) по своей сущности может быть различным. В одних случаях во время интерфазы клетка функционирует (работает) и одновременно готовится к следующему делению. В других случаях клетки переходят в интерфазу, функционируя, но уже не готовятся к делению. В составе сложного многоклеточного [illegible] имеются многочисленные группы клеток, утративших [illegible] делиться. К числу их относятся, например, нервные клетки (рис. 74). Подготовка клетки к митозу происходит в интерфазе. Для того чтобы представить себе основные черты этого процесса, вспомним строение клеточного ядра.

Основной структурной единицей ядра являются хромосомы, состоящие из ДНК [illegible] неделящихся клеток, как правило, [illegible], но большая часть хроматина (стр. 1[illegible]), [illegible] препаратах обнаруживают в форме [illegible] величины, и соответствует хромосомам. [illegible] отдельные хромосомы отчетливо видны [illegible] например в быстроделящихся клетках [illegible] яйца и ядрах некоторых простейших. В [illegible] клетки хромосомы претерпевают циклические [illegible] прослеживается от одного деления до другого.

Хромосомы [illegible] собой удлиненные плотные тельца, но [illegible] различить две нити — хроматиды, содержащие ДНК [illegible] результат удвоения хромосом (рис. 105). На [illegible] первичная перетяжка, или центромера. [illegible] может быть расположена или посередине, [illegible], но для каждой определенной хромосомы ее место строго постоянно (рис. 108). Во время митоза хромосомы и хроматиды представляют собой туго свернутые спиральные нити [illegible], или конденсированное, состояние). В интерфазном ядре хромосомы сильно вытянуты, т. е. деспирализованы, благодаря чему становятся трудноразличимыми. Следовательно, цикл изменений хромосом состоит в спирализации, когда они укорачиваются, утолщаются и становятся хорошо различимыми, и деспирализации, когда они сильно вытягиваются, переплетаются, и тогда уже различить каждую в отдельности становится невозможно. Спирализация и деспирализация связаны с деятельностью ДНК, так как она функционирует только в деспирализованном состоянии. Выдача же информации, образование РНК на ДНК в спирализованном состоянии, т. е. во время митоза, прекращается.

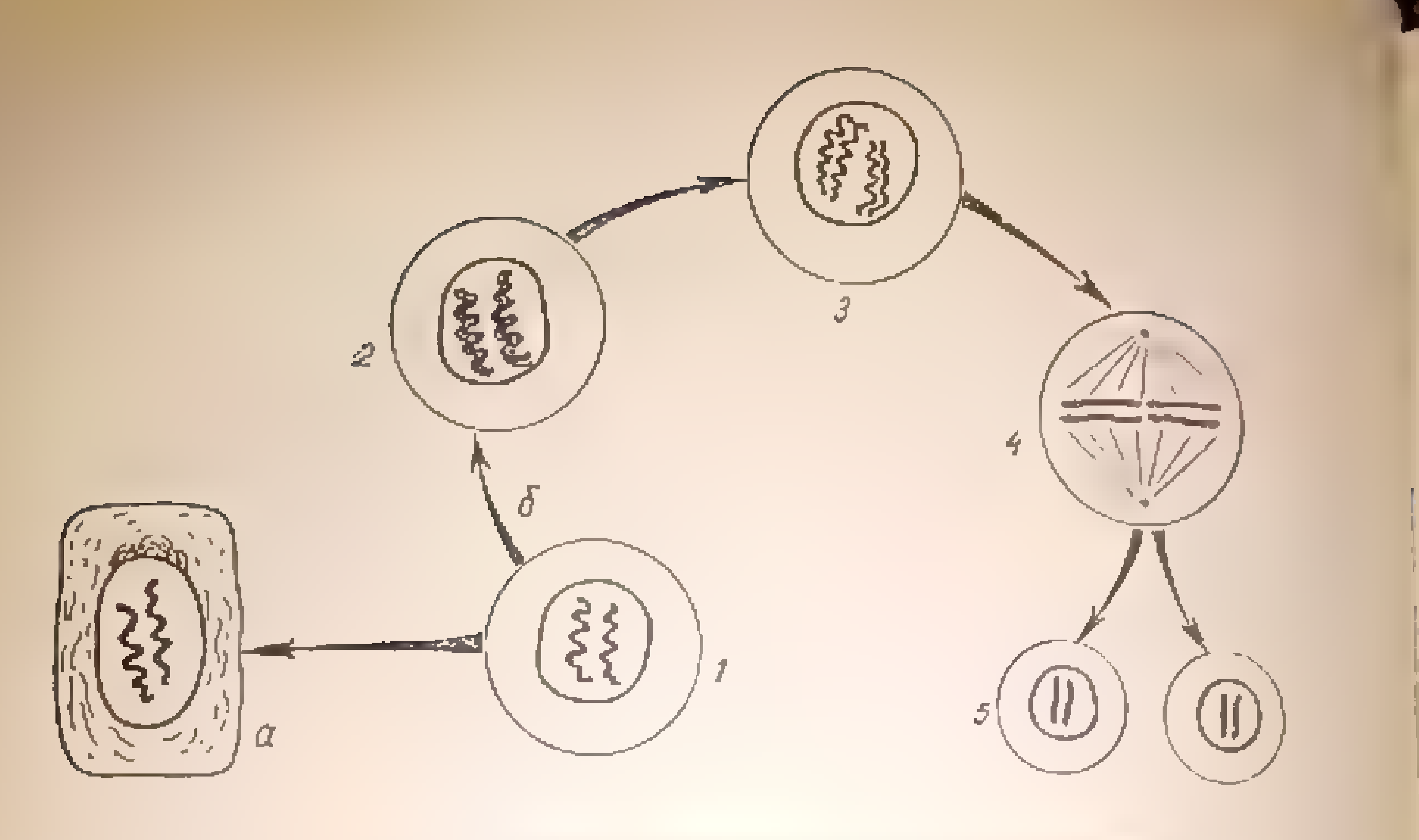


Рис. 105. Схема, иллюстрирующая цикличность периодов интерфазы и митоза:

1 — клетка в периоде, когда она может либо [illegible] подготовку к делению (указано стрелкой — *б*), либо перестать делиться [illegible] (стрелка [illegible]); *2* — интерфаза, во время которой начинается подготовка к делению; [illegible] — клетка, в ядре которой уже удвоились хромосомы; *4* — метафаза [illegible]; *5* — две образовавшиеся после деления клетки.

Тот факт, что хромосомы в ядре неделящейся клетки присутствуют, доказывается также постоянством количества ДНК, числа хромосом и сохранением от деления до деления их индивидуальности.

Подготовка клетки к митозу. В течение интерфазы происходит ряд процессов, которые и обеспечивают митоз. Назовем главнейшие из них: 1) удваиваются центриоли, 2) удваиваются хромосомы, т. е. количество ДНК и хромосомальных белков, 3) синтезируются белки, из которых строится ахроматиновое веретено, 4) накапливается энергия в виде АТФ, которая расходуется во время деления, 5) заканчивается рост клетки.

Первостепенное значение в подготовке клетки к митозу имеет синтез ДНК и удвоение хромосом.

Удвоение хромосом связано прежде всего с синтезом ДНК и одновременно происходящим синтезом белков хромосом. Процесс удвоения продолжается 6—10 часов и занимает среднюю часть интерфазы. Удвоение хромосом протекает так, что каждая старая одиночная цепь ДНК достраивает себе вторую (стр. 153). Этот процесс строго упорядочен и, начинаясь в нескольких точках, распространяется вдоль всей хромосомы.

Митоз. Фазы митоза. Митоз представляет собой универсальный способ деления клеток растений и животных. Несмотря на некоторые вариации процесса, основная сущность его состоит в точном распределении удвоенных хромосом между обеими образующимися дочерними клетками. Подготовка клетки к делению занимает, как мы ви-

дим, значительную часть интерфазы, и митоз начинается только тогда, когда подготовка в ядре и цитоплазме полностью заканчивается (рис. 106). Весь процесс подразделяют на четыре фазы. Во время первой из них — п р о ф а з ы — центриоли делятся и начинают расходиться в противоположные стороны. Вокруг них из цитоплазмы образуются ахроматиновые нити, которые вместе с центриолями образуют ахроматиновое веретено. Когда закончится расхождение центриолей, вся клетка оказывается полярной, обе центриоли располагаются у противоположных полюсов, а средняя плоскость может быть названа экватором. Нити ахроматинового веретена сходятся у центриолей и широко располагаются на экваторе, по форме напоминают веретено. Одновременно с образованием в цитоплазме веретена ядро начинает разбухать, и в нем четко выявляются клубки утолщенных нитей — хромосом. На протяжении профазы происходит спирализация хромосом, которые вследствие этого укорачиваются и утолщаются. Профаза заканчивается растворением ядерной оболочки, а хромосомы оказываются лежащими в цитоплазме. В это время видно, что все хромосомы уже двойные (рис. 106,2).

Затем наступает вторая фаза — м е т а ф а з а. Хромосомы, расположенные сначала беспорядочно, начинают передвигаться к экватору. Все они обычно располагаются в одной плоскости на равном расстоянии от центриолей. В это время к хромосомам прикрепляется часть нитей веретена, другие же нити по-прежнему тянутся непрерывно от одной центриоли к другой — это опорные нити. Тянущие, или хромосомальные, нити прикрепляются к центромерам (первичным перетяжкам хромосом), но при этом нужно помнить, что как хромосомы, так и центромеры уже двойные. Тянущие нити от полюсов прикрепляются к тем хромосомам, которые к ним ближе. Наступает короткая пауза. Это центральная часть митоза, после которой начинается третья фаза —

Рис. 106. Митоз клетки животных:

1 — ядро неделящейся клетки. Видно крупное ядрышко; 2—две стадии профазы. Центриоли разошлись к разным полюсам, отчетливо видны уже двойные хромосомы, 3 — две стадии метафазы. Ядерная оболочка растворилась. Тянущие нити веретена прикрепились к первичным перетяжкам хромосом. 4—анафаза, хромосомы разошлись к разным полюсам; 5 — две стадии телофазы. Реконструкция ядер, образование перетяжки, начало деления цитоплазмы.

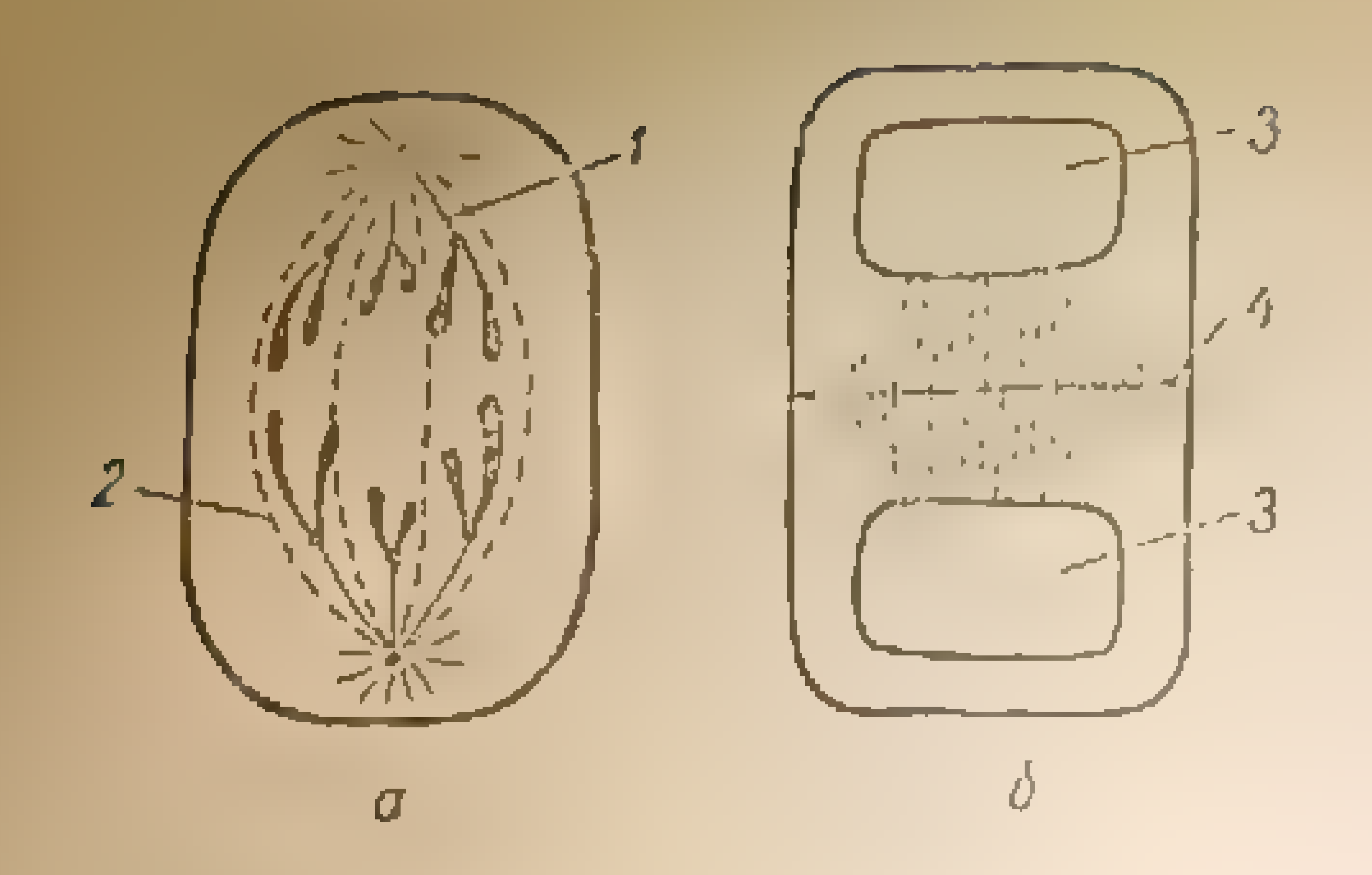


Рис. 107. Митоз.

Анафаза клетки животных — *а*: *1* — тянущие нити веретена — сплошные линии, *2* — пунктирные линии — непрерывные нити веретена, *б* — образование перегородки к телофазе при делении растительной клетки: *3* — ядро, *4* — перегородка.

анафаза. Во время анафазы тянущие нити веретена начинают сокращаться, растягивая хромосомы к разным полюсам. При этом хромосомы ведут себя пассивно, они, изгибаясь наподобие шпильки, двигаются вперед центромерами, за которые их тянет нить веретена. В начале анафазы снижается вязкость цитоплазмы, что способствует быстрому движению хромосом. Следовательно, нити веретена обеспечивают точное расхождение хромосом (удвоившихся еще в интерфазе) к разным полюсам клетки.

Завершается митоз последней стадией — т е л о ф а з о й. Хромосомы, приближаясь к полюсам, тесно переплетаются друг с другом. Одновременно начинается их вытягивание (деспирализация), и различить отдельные хромосомы становится невозможно. Постепенно из цитоплазмы образуется ядерная оболочка, ядро разбухает, появляется ядрышко, и восстанавливается прежнее строение интерфазного ядра.

В конце анафазы или начале телофазы начинается деление цитоплазмы. У клеток животных снаружи в виде кольца появляется перетяжка, которая, углубляясь, разделяет клетку на две меньших размеров. У растений цитоплазматическая оболочка возникает в середине клетки и распространяется к периферии, разделяя клетку пополам. Уже после образования плазматической оболочки у растительных клеток возникает целлюлозная оболочка (рис. 107). Следовательно, в делении клетки активное участие принимает и ядро, и цитоплазма. Ядро содержит уникальные структуры клетки — хромосомы, а ахроматиновое веретено, формирующееся из цитоплазмы, осуществляет их правильное и равное распределение между обеими дочерними клетками.

Продолжительность митоза и интерфазы. Митоз — относительно короткий период в жизни клетки, гораздо дольше длится интерфаза, что видно из таблицы.

Клетки ткани	Продолжительность в часах	
	интерфазы	митоза
Эпителий тонкой кишки мыши	12—18	0,5—1
Эпителий двенадцатиперстной кишки мыши	11	0,5
Клетки корешка конского боба	25	3

В быстро размножающихся клетках митоз может длиться всего несколько минут. Следовательно, продолжительность митоза варьирует от нескольких минут до 2—3 часов. Интерфаза же длится от 8— 10 часов до нескольких суток.

Скорость, с которой [illegible] фазы митоза, также различна:

Профаза	20—35	минут
Метафаза	6—15	минут
Анафаза	8—14	минут
Телофаза	10—40	минут



[illegible] 108
С[illegible]сомы.
1 — [illegible] перетяжка.

Вопросы и задания

1. Каковы способы деления клеток и чем они характеризуются? 2. Что такое ахроматиновое веретено и когда оно образуется в клетке? 3. Когда происходит удвоение хромосом? 4. В каком состоянии находятся хромосомы в интерфазе и во время митоза? 5. Какова роль первичной перетяжки (центромера) в расхождении хромосом?

§ 48. Постоянство [illegible] и индивидуальность хромосом

Хро[illegible] по своему химическому составу [illegible] форме и размерам, мест[illegible] положения [illegible] вторичных перетяж[illegible] (рис. 108). [illegible] показало, что [illegible]. Кроме того, было [illegible] так называемых [illegible]. Парный набор характерен для [illegible] название диплоидного. На[illegible] хромосом растения скерды, [illegible]. Эти шесть хромосом образуют три [illegible] пары. Однако не всегда хромосомы [illegible]. На рисунке 109, 3 изображены три пары хромосом комара, [illegible] признакам трудноразличимы. Количество хромосом и их индивидуальность сохраняются во всех клетках и являются характерными признаками для каждого вида. На таблице приведены данные о количестве хромосом у некоторых видов растений и животных:

Вид	Диплоидное число хромосом	Вид	Диплоидное число хромосом
Ячмень	14	Домашняя муха	12
Овес	42	Курица	78
Томат	24	Кролик	44
Скерда	6	Коза	60
Плодовая мушка дрозофила	8	Овца	54
		Шимпанзе	48
		Человек	46



Рис. 109. Диплоидный набор хромосом в клетках:

1 — человека; 2 — растения скерды; 3 — комара; 4 — курицы.

Амитоз. Амитоз представляет собой деление ядра в интерфазном состоянии без предшествующей спирализации хромосом и перестройки ядра. Например, в некоторых клетках соединительной ткани ядро вытягивается, посередине появляется перетяжка, которая углубляется, и в клетке оказывается два ядра. Затем такая же перетяжка начинает делить цитоплазму, и получаются две клетки (рис. 110). Во многих случаях делится только ядро, и в результате клетка становится дву- или многоядерной (если таких делений было несколько). Иногда ядро при амитозе делится на две неравные части: одну — бо́льшую, а другую — меньшую. По-видимому, при амитозе ДНК распределяется неравномерно между дочерними ядрами.

Амитоз наблюдается часто при патологических состояниях или при действии неблагоприятных факторов на клетку, например после действия пониженной температуры или рентгеновых лучей, т. е. таких воздействий, которые нарушают митоз. После перешнуровки ядер в процессе амитоза в большинстве случаев цитоплазма не делится, а само наличие перешнуровки ядра, как правило, указывает на необратимые изменения в клетке, которые рано или поздно приведут ее к гибели.

Митоз —это первичный способ деления клетки, наиболее распространенный и физиологически полноценный. Амитоз следует рассматривать как его видоизменение, т. е. явление вторичное. Амитоз встречается относительно редко и является неполноценным способом деления ядра и клетки.

Вопросы и задания

1. Что такое диплоидный набор хромосом? 2. В чем различие амитоза и митоза?

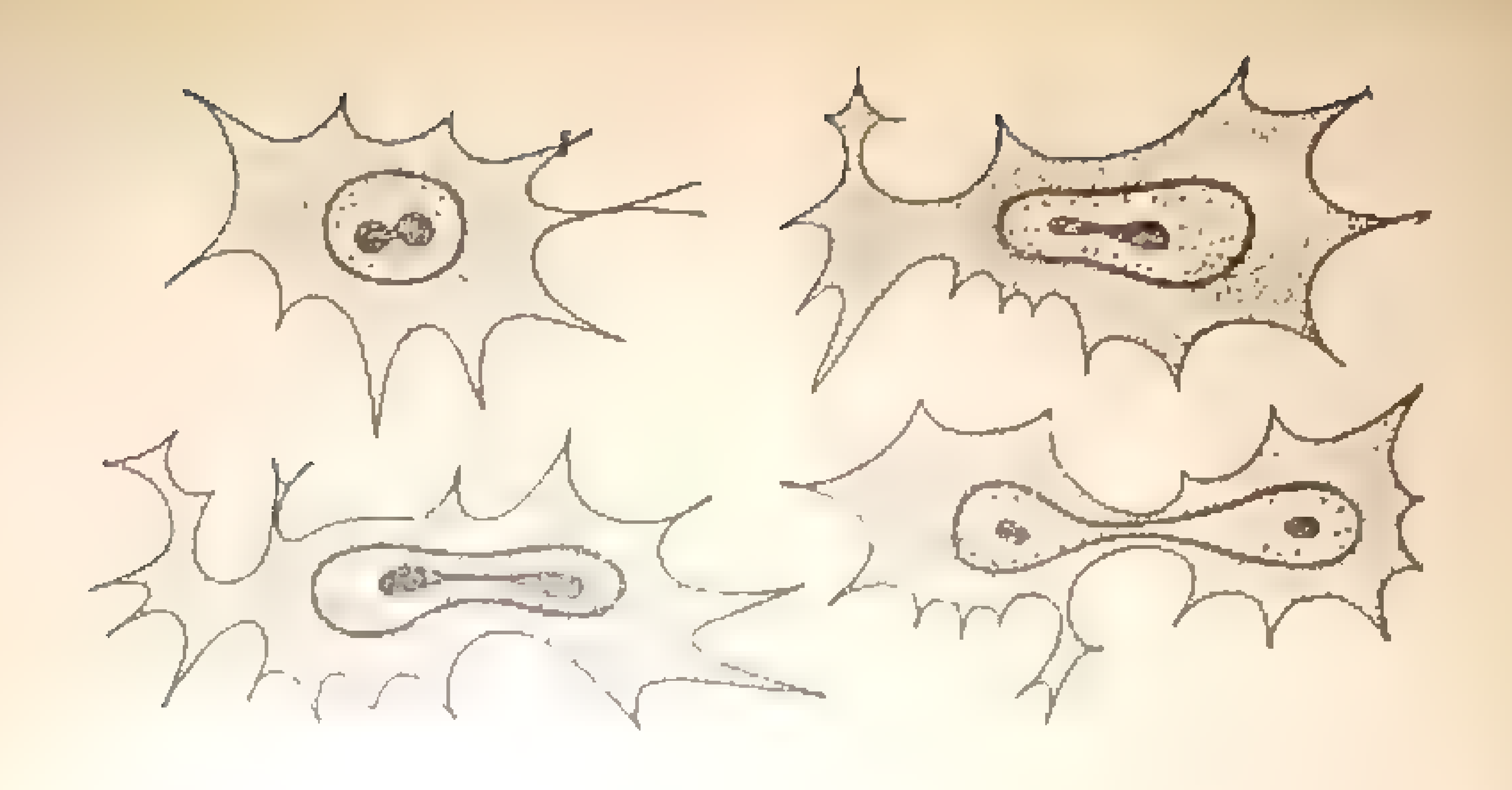


Рис. 110. Последовательные стадии амитоза.
Перешнуровка ядра, затем перешнуровка цитоплазмы.

§ 49. Продолжительность жизни, старение и смерть клеток

Рост и развитие [illegible] связаны с увеличением массы, которое [illegible] деления клеток. Например, развитие крыс [illegible]. На 12—13-й день развития эмбрион содержит [illegible]. К моменту рождения крысенок состоит уже из [illegible] половозрелого возраста — примерно из 67 млрд. клеток.

У млекопитающих и [illegible] животных, кроме роста, связанного с увеличением количества клеток, происходит постоянное отмирание и замещение одних клеток другими путем их деления. Например, ороговевающие клетки кожного эпителия все время слущиваются и заменяются новыми. То же самое происходит и с клетками крови. Так, подсчитано, что у взрослого человека среднего веса в одну секунду отмирает около 2 млрд. красных кровяных клеток — эритроцитов и заменяется новыми, поступающими из костного мозга, где их убыль все время пополняется путем деления. Поэтому продолжительность жизни размножающихся клеток определяется длительностью интерфазы, т. е. временем, которое длится от одного деления до другого. Но различают и другой отрезок времени жизни клетки — от последнего деления до ее смерти, т. е. период, когда клетка живет и функционирует, но уже не делится. Так, нервные клетки у млекопитающих перестают размножаться к моменту рождения или вскоре после рождения, продолжительность их жизни в среднем равна продолжительности жизни организма. В других тканях функция связана с постоянным отмиранием клеток; например, эритроциты, попадая в кровяное русло, живут и функционируют там около 120 дней, а затем отмирают. Подобное же происходит и с лейкоцитами, которые живут и функционируют всего несколько дней.

К тканям, функция которых связана с обновлением клеток, относятся и различные эпителии. Приведенные примеры показывают, что митотическое деление клеток во взрослом организме связано с нормально протекающим обновлением клеток, т. е. физиологической регенерацией. Деление клеток также обеспечивает восстановление тканей при регенерации после порезов, ожогов или каких-либо иных повреждений. Естественно, что во время роста организма количество размножающихся клеток больше, чем отмирающих, что и обеспечивает общее увеличение массы клеток.

Старение и смерть клеток. Старение и отмирание клеток непосредственно может быть и не связано со старением и смертью организма. В эритроцитах утрата ядра, делающая невозможным синтез белка, предопределяет неизбежную гибель клетки, которая зависит от старения собственных белков. При ороговении клеток кожного эпителия в цитоплазме происходит накопление особого белка, который и приводит клетки к гибели. Во всех случаях начало старения связано с прекращением деления и накоплением в цитоплазме специфических белков, что и приводит клетки к смерти. Иначе обстоит дело с долго живущими клетками, например нервными. При старении нарушается обмен веществ, в цитоплазме накапливаются пигментные зерна, иногда капли жира. Сходные явления наблюдаются в клетках почек и печени. В этих случаях отмирание массы клеток оказывается связанным со старением и смертью организма. Из приведенных примеров можно видеть, что признаки старения выявляются, как правило, в цитоплазме. При помещении клеток в искусственную питательную среду (культура ткани) они могут размножаться бесконечно. Для этого необходимо постоянно менять питательную среду и удалять избыток клеток. Например, культура из тканей цыпленка существовала около 50 лет. Ряд других тканевых культур поддерживается десятки лет.

Можно думать, что ядро не имеет отношения к старению клеток. Однако это не так. Возникающие после аномальных митозов клетки могут содержать неполный набор хромосом, что обязательно приведет клетку как в организме, так и в культуре тканей к гибели. Следовательно, признаки старения может нести: 1) ядро и его генетический аппарат, 2) вся клетка в целом или же 3) только цитоплазма.

Вопросы и задания

1. Приведите примеры тканей человека, в которых периодически происходит обновление клеток. 2. В каких тканях клетки не делятся? 3. Какие изменения происходят при старении клеток?

§ 50. Формы размножения организмов

Как указывалось выше, различают несколько форм размножения организмов, из которых мы рассмотрим основные: 1) половое размножение, 2) бесполое и 3) вегетативное размножение.

Бесполое и вегетативное размножение. Бесполое размножение широко распространено в природе у животных и растений. Например,

деление инфузорий такое же, как и деление других одноклеточных организмов. Среди растений бесполое размножение свойственно споровым: водорослям, грибам, мхам и папоротникам. Во всех случаях бесполого размножения растения оно осуществляется за счет спор. Следовательно, *бесполым [illegible] размножение при помощи одной клетки, [illegible], характерных для половых клеток.* При [illegible] материнского организма отделяется группа [illegible] которых и развивается дочерний организм. [illegible] служить размножение пресноводной гидры. [illegible] небольшое утолщение, которое [illegible]. Этот вырост состоит из клеток [illegible]. Постепенно вырост удлиняется, на переднем [illegible], вокруг которого появляются щупальца. [illegible] образованием маленькой дочерней гидры.

Особенно широко [illegible] размножение у растений. Так, отдельные [illegible], развиваются в целое растение. Размножение черенками широко распространено и используется при размножении [illegible]. Другим примером может служить вегетативное [illegible]. Надземные части стебля, разрастаясь [illegible], образуют так называемые «усы». Попадая в почву, [illegible], и из него образуется новое растение.

Половое размножение. [illegible] размножения как у растений, [illegible] размножение происходит всегда за счет [illegible] клеток — яйцеклеток и сперматозоидов, [illegible]. Половые клетки содержат гаплоидный [illegible] хромосом, а значит, и половинное количество ДНК. [illegible] наборе из каждой пары хромосом, [illegible] клетках, присутствует только одна хромосома. [illegible] животных обычно крупные, неподвижные. [illegible]. Например, среди млекопитающих у [illegible] 0,2 *мм*. Размер яйцеклетки определяется [illegible] питательного вещества — желтка. В [illegible] содержится большое количество желтка, чему [illegible] примером может служить огромная яйцеклетка птицы (рис. 111). Яйцеклетка птицы — это та часть яйца, которую в обиходе обычно называют желтком (диаметр его [illegible] 3 *см*). На одной стороне желтка расположено белое пятнышко, представляющее активную цитоплазму с ядром. Именно из этого небольшого участка и развивается зародыш, а вся остальная масса содержит запасные питательные вещества, обеспечивающие развитие цыпленка в яйце. Такая яйцеклетка окружена рядом оболочек — белком и скорлупой, являющимися дополнительными образованиями. Эти оболочки обеспечивают развитие зародыша в воздушной среде. Более мелкие яйцеклетки у рыб и амфибий. Это «икринки» диаметром в несколько миллиметров. Они содержат в цитоплазме довольно много желтка, но значительно меньше, чем у птиц. Мелкие яйцеклетки со-

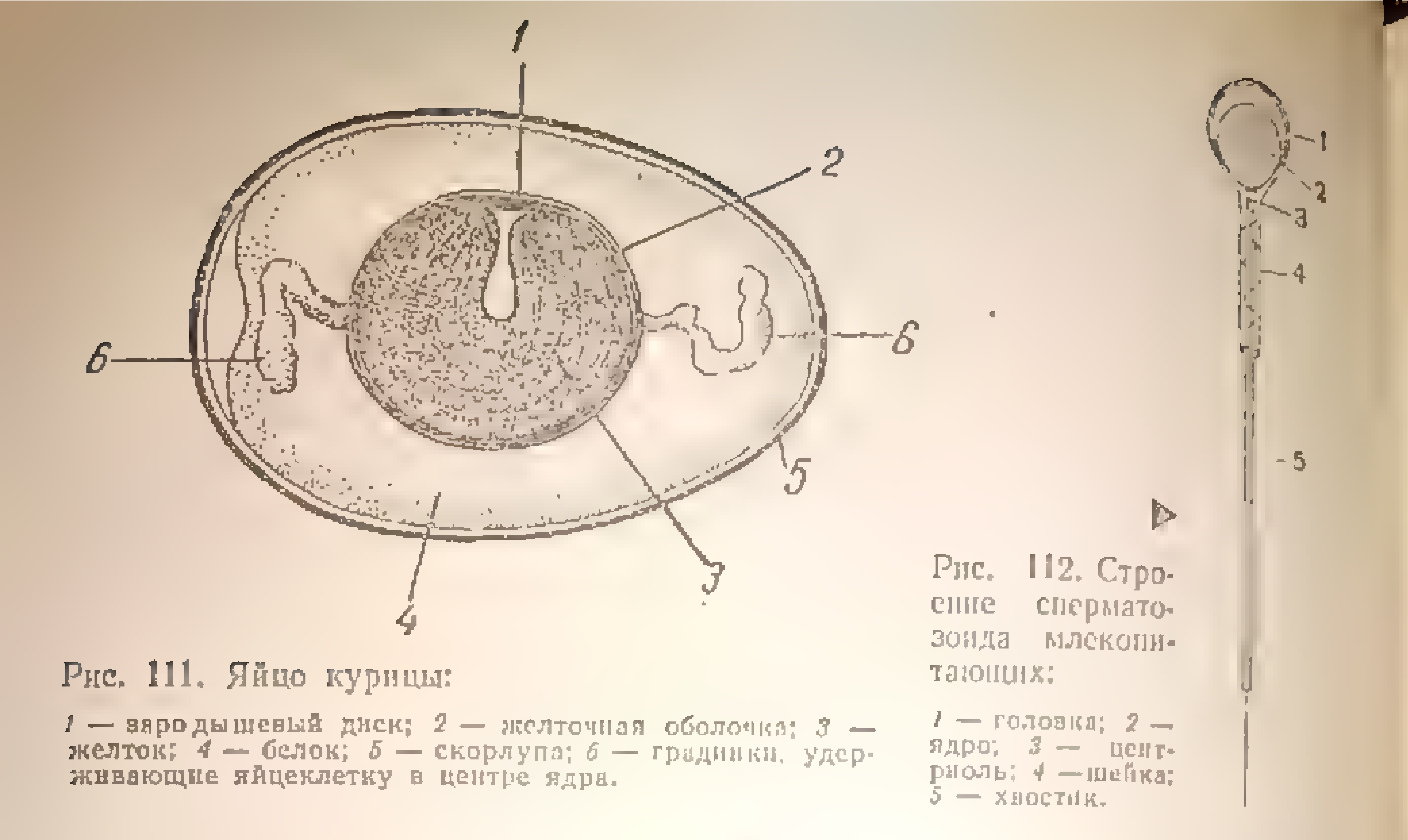


Рис. 111. Яйцо курицы:

1 — зародышевый диск; 2 — желточная оболочка; 3 — желток; 4 — белок; 5 — скорлупа; 6 — градинки, удерживающие яйцеклетку в центре ядра.

Рис. 112. Строение сперматозоида млекопитающих:

1 — головка; 2 — ядро; 3 — центриоль; 4 — шейка; 5 — хвостик.

держат очень мало желтка, и он равномерно распределяется по всей яйцеклетке. Собственная оболочка яйцеклетки, образуемая поверхностью цитоплазмы, называется желточной оболочкой. Кроме нее, возникает более или менее развитая белковая оболочка, которая выделяется клетками яйцеводов. Либо в центре яйцеклетки, либо у края располагается одно относительно крупное ядро.

Сперматозоид всегда во много раз меньше яйцеклетки. Типичную для многих животных форму имеют сперматозоиды млекопитающих (рис. 112), которые состоят из трех отделов: 1) головки, 2) шейки и 3) хвостика. В головке располагается ядро, кроме него, на переднем конце содержится небольшой участок уплотненной цитоплазмы, при помощи которого сперматозоид проникает в яйцеклетку. Шейка — суженная часть позади головки — содержит центриоль и переходит в тонкую, удлиненную цитоплазматическую нить — хвостик. Хвостик сходен со жгутиком жгутиконосца или ресничкой инфузории. Благодаря его движению сперматозоиды активно передвигаются.

Развитие половых клеток. Как семенник, в котором образуются сперматозоиды, так и яичник, в котором формируются яйцеклетки, можно представить в виде трубки, внутри которой и протекает весь процесс образования половых клеток. В самом начале трубки находятся первичные половые клетки, которые делятся обычным митозом, благодаря чему количество их все время возрастает. Этот участок половой железы и называется зоной размножения (рис. 113). Переходя в следующую зону, клетки начинают расти, образуя зону роста. Процесс роста более резко выражен во время образования женских половых клеток — о в о г е н е з а («овум» — яйцо, «генезис» — развитие, *лат.*). Менее выражен период роста при образовании мужских половых клеток — с п е р м а т о г е н е з е.



Рис. 113. Схема сперматогенеза ♂ и овогенеза ♀:
А — зона размножения; Б — зона роста; В — зона созревания. 1 — сперматозоид; 2 — яйцеклетка; 3 — направительные тельца.

Во время роста, [illegible] цитоплазмы, происходит также увеличение [illegible] клетки (при сперматогенезе) называются [illegible] 1-го порядка, они вступают в период созревания и [illegible] зону созревания. Во время этого [illegible] два раза, т. е. из одного сперматоцита обр[illegible] клетки. Каждая из них далее превращается в сперматозоид.

При овогенезе пер[illegible] длится дольше, чем при сперматогенезе, перешедшая в [illegible] роста клетка называется овоцитом 1-го порядка. За время роста она увеличивается в сотни и тысячи раз за счет накопления запасных питательных веществ. Например, из овоцита диаметром 20—30 *мк* в результате роста образуется яйцеклетка лягушки диаметром 3—4 *мм*.

Выросшие овоциты приступают к созреванию, которое состоит из двух делений (так же как при сперматогенезе), но внешне эти деления протекают иначе. При делении овоцит 1-го порядка отделяет маленькую клетку (направительное тельце) и остается крупная клетка. Затем проходит второе деление, при котором выделяется следующее направительное тельце и образуется крупная, уже зрелая яйцеклетка. Пока происходит второе деление, первое направительное тельце успевает разделиться, и всего из овоцита образуются четыре клетки: три мелкие и одна крупная — яйцеклетка, которая сохраняет весь накопленный во время роста желток, необходимый для развития зародыша.

Созревание половых клеток (мейоз). Число хромосом для клеток каждого вида растений или животных постоянно. Это постоянство во всех клетках поддерживается благодаря митозу, которому предшествует удвоение хромосом. Как же поддерживается постоянство числа хромосом при половом размножении, когда новый организм возникает из слияния двух половых клеток? Созревшие половые клетки содержат только половинное (гаплоидное) число хромосом, а соответственно и половинное количество ДНК. В таблице приведено два примера, иллюстрирующих соотношение числа хромосом и количества ДНК в соматических и половых клетках кошки и кролика.

Вид животного	Количество хромосом		Количество ДНК в 10^{-9} г	
	в соматических клетках (диплоидное)	в половых клетках (гаплоидное)	в диплоидном ядре соматических клеток	в гаплоидном ядре половых клеток
Кошка	38	19	6,4—6,8	3,6
Кролик	44	22	6,75	3,2

Уменьшение числа хромосом вдвое происходит в процессе созревания половых клеток. Весь же процесс созревания состоит из двух последующих делений: первого и второго. При этом из одного сперматоцита образуются четыре клетки и каждая из них превращается далее в сперматозоид. В процессе же созревания ооцита образуется только одна яйцеклетка и три направительных тельца, т. е. тоже четыре клетки. Уменьшение числа хромосом вдвое происходит в процессе мейоза и определяется тем, что из каждой пары гомологичных хромосом остается в зрелой половой клетке только одна. Подготовка к мейозу, особенно при образовании яйцеклеток, начинается задолго до того, как наступит первое деление созревания. Начинается мейоз с синтеза ДНК и соответствующего удвоения количества хромосом, которое протекает так же, как и при митозе (таблица XV). Далее хромосомы в профазе мейоза укорачиваются, становятся хорошо различимыми, каждая из них оказывается удвоенной, но они не расходятся, оставаясь соединенными, и ведут себя как единое целое.

Вслед за удвоением хромосом происходит их конъюгация, которая состоит в том, что парные гомологичные и уже удвоившиеся хромосомы тесно сближаются и временно соединяются. Конъюгация происходит по всей длине хромосом от одного ее конца до другого. При этом они скручиваются, и создается впечатление, что количество хромосом уменьшилось вдвое. Важно подчеркнуть, что временное объединение в пары (конъюгация) хромосом происходит всегда только между гомологичными (парными) хромосомами. После конъюгации хромосомы расходятся, но местами они слипаются настолько плотно, что при расхождении происходят разрывы в поперечном направлении и взаимный обмен участками. Этот процесс имеет огромное значение для понимания некоторых закономерностей наследования признаков, что будет подробно рассмотрено в главе IX.

После окончания конъюгации хромосомы расходятся, и наступает метафаза первого деления созревания, внешне сходная с метафазой митоза, но расхождение хромосом происходит иначе, чем при митозе. Во время анафазы мейоза к противоположным полюсам расходятся гомологичные, уже удвоившиеся хромосомы. Таким образом, из каждой пары гомологичных хромосом в дочернюю клетку попадает только одна. Если учесть, что каждая пара гомологичных хромосом (на схеме одинаковые [illegible]) состоит из одной отцовской, а другой материнской, которые объединяются [illegible] при конъюгации, то становится ясно, что после [illegible] в [illegible] либо отцовская, либо материнская хромосома.

Вслед за первым наступает второе деление созревания. Теперь уже деление [illegible] (рис. 110). Все хромосомы двойные, они располагаются [illegible], в анафазе расходятся к противоположным полюсам, и в обеих дочерних клетках оказывается одинаковый набор хромосом. Следовательно, перед началом мейоза происходит только одно удвоение хромосом, за которым следует два деления созревания, в результате чего количество хромосом уменьшается вдвое. Однако главное отличие мейоза от митоза состоит не только в этом. [illegible] конъюгируют, и в это время обмениваются [illegible]. При митозе же хромосомы удваиваются и [illegible] дочерними клетками. *При редукционном [illegible] каждой пары попадают в различные дочерние клетки.*

Вопросы и задания

1. Что такое бесполое размножение и чем оно отличается от полового? 2. В чем сущность вегетативного размножения? 3. Что такое конъюгация хромосом и какие хромосомы конъюгируют между собой? 4. В чем отличие редукционного деления от обычного митоза? 5. Что такое гаплоидный набор хромосом и как он возникает в процессе мейоза?

§ 51. Оплодотворение

В ядре сперматозоида содержится гаплоидный набор хромосом. Активно передвигаясь при помощи хвостика, сперматозоиды встречают яйцеклетку, передним концом один из них пробуравливает поверхность яйцеклетки (рис. 111). Когда головка и шейка проникнут в цитоплазму, хвостик отбрасывается, а ядро сперматозоида движется навстречу ядру яйцеклетки. После проникновения сперматозоида на поверхности яйцеклетки образуется оболочка, препятствующая внедрению новых сперматозоидов. Далее ядро сперматозоида сливается с ядром яйцеклетки. В ряде случаев в яйцеклетку проникает не один, а много сперматозоидов, но из всего количества только одно ядро сперматозоида сливается с ядром яйцеклетки, а остальные погибают. В объединении ядер и состоит сущность оплодотворения; образовавшаяся зигота содержит уже диплоидный набор хромосом. В таком диплоидном наборе сохраняется индивидуальность хромосом и каж-

дая пара состоит из одной отцовской и другой материнской. Следовательно, восстанавливается диплоидный набор хромосом и исходное количество ДНК, характерное для соматических клеток.

После объединения ядер сначала происходит удвоение хромосом, а затем и деление. Яйцеклетки делятся обычным митозом, так что обе дочерние клетки получают равное количество отцовских и материнских хромосом.

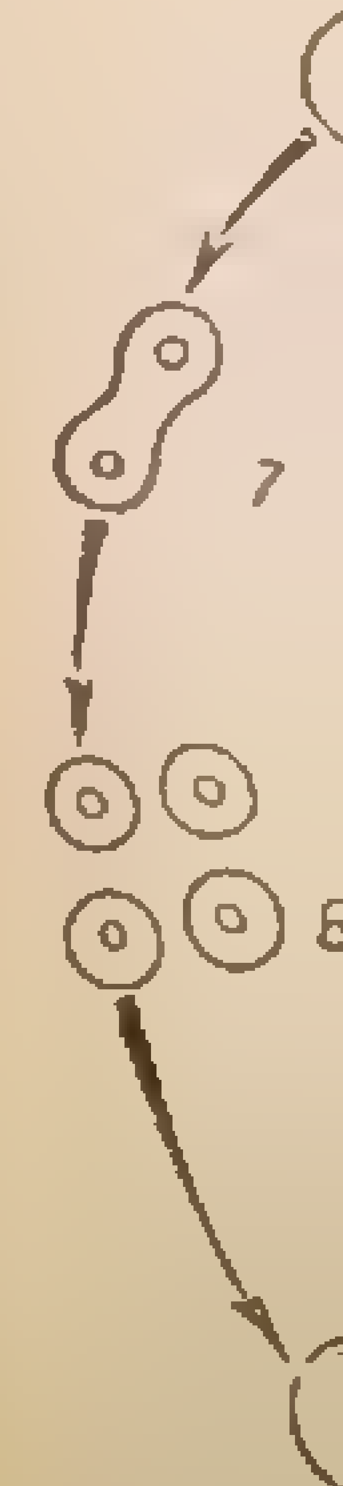
Двойное оплодотворение цветковых растений. У растений процесс образования половых клеток и оплодотворения в принципе протекает сходно с животными. Однако обнаруживается и ряд своеобразных черт, связанных с особенностями строения растений.

Изучая оплодотворение у покрытосеменных растений, С. Г. Навашин открыл так называемое двойное оплодотворение. Чтобы понять сущность этого явления, следует прежде всего рассмотреть строение семени покрытосеменных. Семяпочка, покрытая оболочками, состоит из двух частей (рис. 115): самого зародыша, из которого развивается растение, и эндосперма, в котором накапливаются запасные питательные вещества: углеводы, белки, жиры. Эндосперм функционирует во время прорастания, обеспечивая питание зародыша.

Образование пыльцевых зерен протекает в пыльниках. Материнские клетки пыльцы проходят мейоз, состоящий из двух делений созревания, в результате чего образуются четыре гаплоидные клетки. На поверхности каждой клетки возникает оболочка, и клетка превращается в пыльцевое зерно. Затем гаплоидное ядро пыльцы делится митотически, и образуются два ядра, одно из них (вегетативное) располагается в центре пыльцевого зерна, другое оттесняется к

Рис. 114. Последовательные стадии оплодотворения и начала деления яйцеклетки у животных:

1 — сперматозоид, содержащий две хромосомы, прикрепляется к поверхности яйцеклетки; 2 — сперматозоид проник в яйцеклетку; 3 — ядра сперматозоида и яйцеклетки сливаются, при этом восстанавливается диплоидное число хромосом. Отцовские хромосомы черные, материнские — светлые. Каждая пара гомологичных хромосом состоит из одной отцовской и другой материнской; 4 — удвоение хромосом; 5 — метафаза первого деления, каждая половина удвоенной хромосомы отходит в дочернюю клетку.

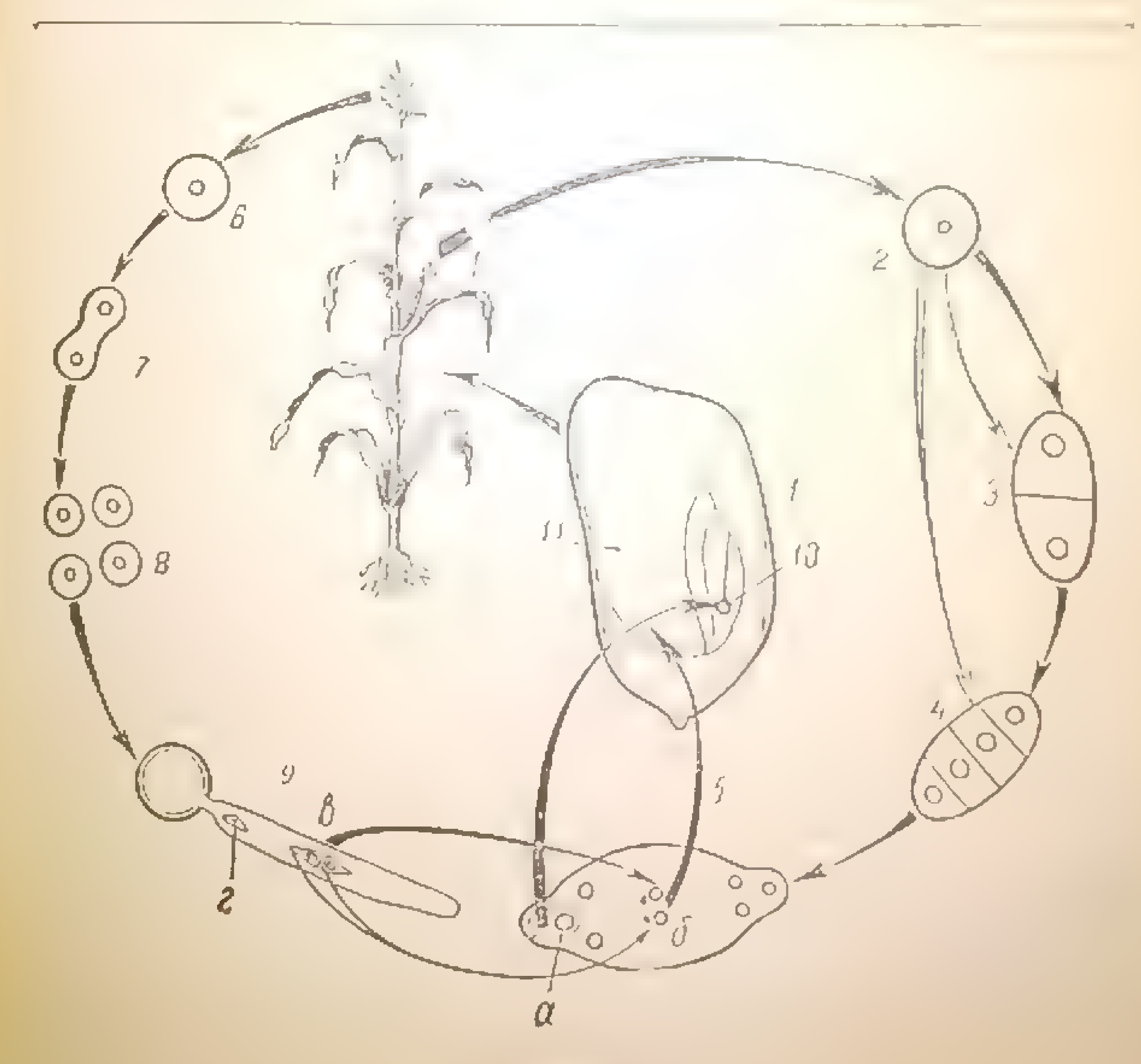


периферии и оказывается генеративным. Затем генеративное ядро делится еще раз, образуя два спермия. Следовательно, зрелое пыльцевое зерно, покрытое общей оболочкой, состоит из трех клеток и заключает три ядра: 1) одно крупное ядро и почти вся цитоплазма образуют вегетативную клетку, 2) на периферии два ядра с узким ободком цитоплазмы превращаются в спермии. Такое сложно организованное пыльцевое зерно оказывается уже созревшим и способным к оплодотворению. Пыльцевое зерно, попав на рыльце пестика, разрастается, образуя пыльцевую трубку, в которой находятся ядра (рис. 115).

При образовании яйцеклетки протекают более сложные процессы, чем при образовании пыльцевого зерна. В семяпочке исходная

Рис. 115. Двойное оплодотворение у покрытосеменных растений:

1 — початок кукурузы с семяпочками; *2* — материнская клетка зародышевого мешка; *3 — 4* — образование четырех гаплоидных клеток в результате мейоза; *5* — зародышевый мешок; *а* — яйцеклетка, которая после оплодотворения образует зародыш; *б* — две сливающиеся клетки, в результате оплодотворения которых образуется триплоидный эндосперм; *6* — материнская клетка пыльцы; *7 — 8* — образование четырех гаплоидных пыльцевых зерен в результате мейоза; *9* — пыльцевая трубка; *в* — два сперматозоида; *г* — вегетативное ядро; *10* — зародыш; *11* — эндосперм.



...материнская клетка проходит мейоз, также состоящий из двух делений созревания, и образует группу из четырех гаплоидных клеток. До этой стадии все идет сходно с созреванием пыльцы, но далее начинаются существенные различия, связанные с образованием зародышевого мешка. Обычно из четырех клеток три отмирают, а одна оставшаяся делится митотически три раза, образуя группу из восьми клеток (рис. 115,5). Пять из них составляют стенку зародышевого мешка, а три остальные находятся в его полости. Одна из этих трех клеток является яйцеклеткой, а ядра других двух клеток, так называемые полярные ядра, располагаются в центре, затем сливаются в одно и образуют одно диплоидное ядро.

Оплодотворению предшествует разрастание пыльцевой трубки, по которой передвигаются два спермия. Достигнув зародышевого мешка, спермии проникают в него, и один спермий оплодотворяет яйцеклетку, благодаря чему она становится диплоидной. Другой спермий сливается с ядром центральной, уже диплоидной клетки, после чего она становится триплоидной[1]. Из яйцеклетки после оплодотворения развивается зародыш, а из триплоидного ядра образуется эндосперм. Следовательно, особенность оплодотворения и развития семени у покрытосеменных растений состоит в том, что гаплоидная клетка после созревания делится несколько раз, образуя зародышевый мешок — вспомогательное образование, защищающее яйцеклетку.

Сущность двойного оплодотворения состоит в том, что один сперматозоид сливается с яйцеклеткой, а другой — с центральным, уже диплоидным ядром, из которого формируется эндосперм. Функция последнего — питание зародыша.

Партеногенез. Анализируя сущность оплодотворения, следует различать две стороны этого процесса: 1) внесение сперматозоидом отцовских хромосом — ДНК, 2) стимулирующее влияние, вызывающее начало развития яйцеклетки.

У некоторых червей, членистоногих яйцеклетки могут нормально развиваться без оплодотворения. Это явление получило название естественного партеногенеза. Например, у пчел оплодотворяется только часть яйцеклеток, из которых развиваются рабочие пчелы и матка, их клетки содержат диплоидный набор хромосом. Неоплодотворенные яйцеклетки также начинают развиваться, но уже партеногенетически, и из них получаются только трутни (самцы), клетки которых содержат гаплоидный набор хромосом. При овогенезе у матки происходит мейоз и образуется яйцеклетка с гаплоидным числом хромосом, а при сперматогенезе у трутня происходит только одно деление созревания и число хромосом в сперматозоиде не уменьшается, оставаясь таким же гаплоидным. У некоторых рачков (дафнии) и тлей в течение большей части года размножение протекает только партеногенетически и из яйцеклеток развиваются только самки, обладающие диплоидным набором хромосом. В этом случае обычно наблюдается

[1] Содержит три гаплоидных набора хромосом.

одно деление созревания. Один раз в году (часто осенью) образуются самцы и самки и происходит оплодотворение. Из оплодотворенных яиц опять образуются самки, размножающиеся далее партеногенетически. В этих случаях партеногенез носит сезонный характер и в значительной степени зависит от внешних условий. Следовательно, естественный партеногенез может быть диплоидным и гаплоидным. В отличие от естественного партеногенеза у многих животных, для нормального развития которых необходимо оплодотворение, яйцеклетку удается заставить развиваться без оплодотворения, внешними воздействиями. Это явление называют искусственным партеногенезом. Кратковременное повышение температуры, действие определенных химических веществ соответствующих концентраций стимулируют развитие яйцеклетки. Даже яйцеклетки млекопитающих при содержании их в питательной среде [illegible] удается искусственно заставить начать развиваться без оплодотворения.

Вопросы и задания

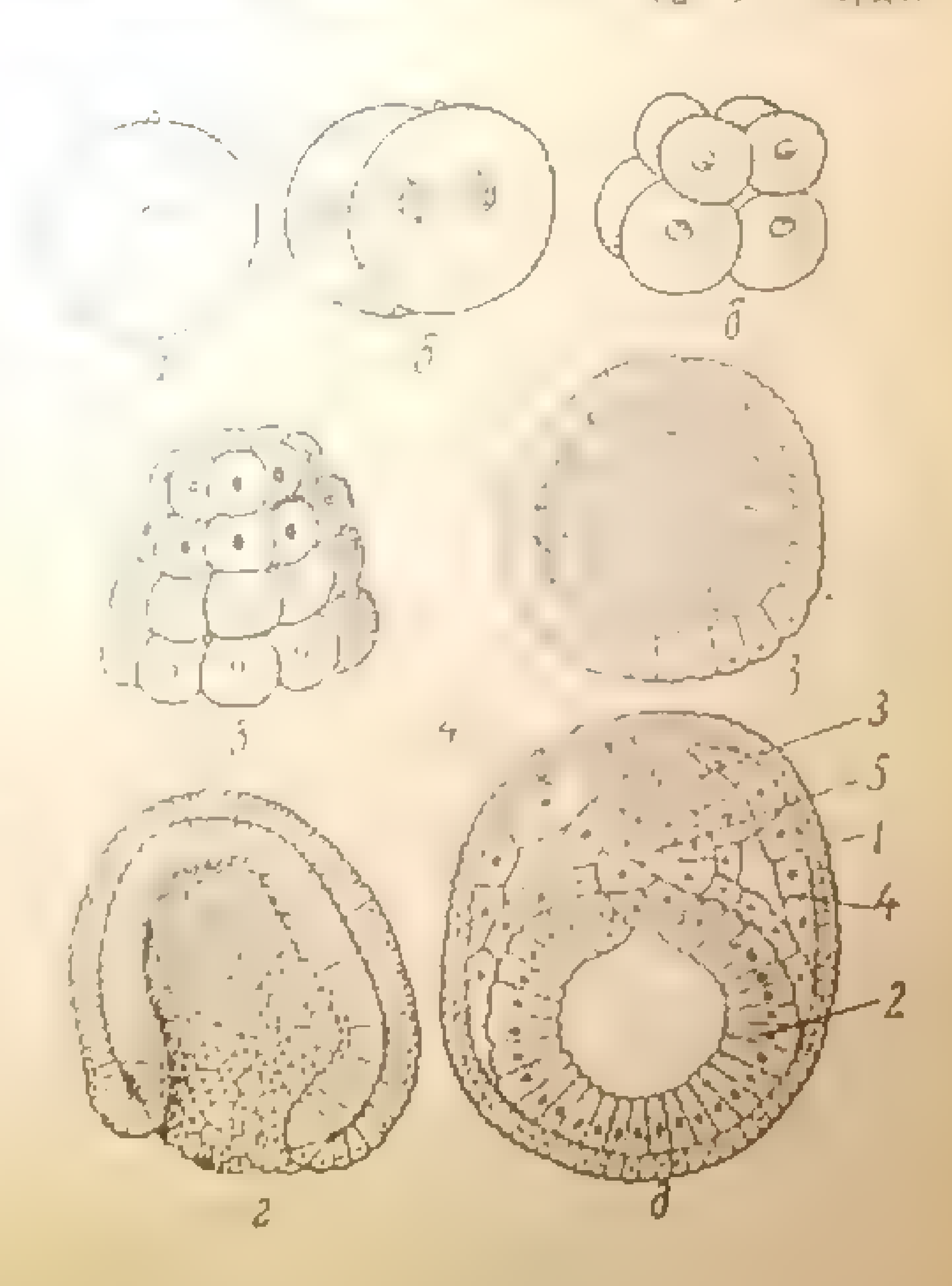
1. Какова роль ядра спер[illegible]ния? 2. В чем сущность двойного оплодотворения? 3. К[illegible]ственным и искусственным партеногенезом?

§ 52. Развитие оплодотворенного яйца

После оплодо[illegible] яйцеклетки начин[illegible]дивидуальное развитие организма — онтогенез, который и завершается формированием целостной особи. Все индивидуальное развитие слагается из ряда различных процессов и соответственно может быть разделено на несколько периодов. Первый из них — дробление, который мы сначала рассмотрим на примере ланцетника. Яйцеклетка делится на две клетки, или два бластомера, равной величины. В яйцеклетке можно различить два полюса и соответственно определить плоскости, в которых происходит деление бластомеров. Первое разделение цитоплазмы происходит в плоскости меридиана. Затем каждый из бластомеров одновре-

[illegible] Ранние стадии развития ланцетника:

[illegible] яйцеклетка; *б* — 2, 8 и 32 бластомера; *в* — [illegible] *г* — гаструла; *д* — образование [illegible] *1* — [illegible]дерма; *2* — [illegible] *4* — мезодерма; *5* — хорда.



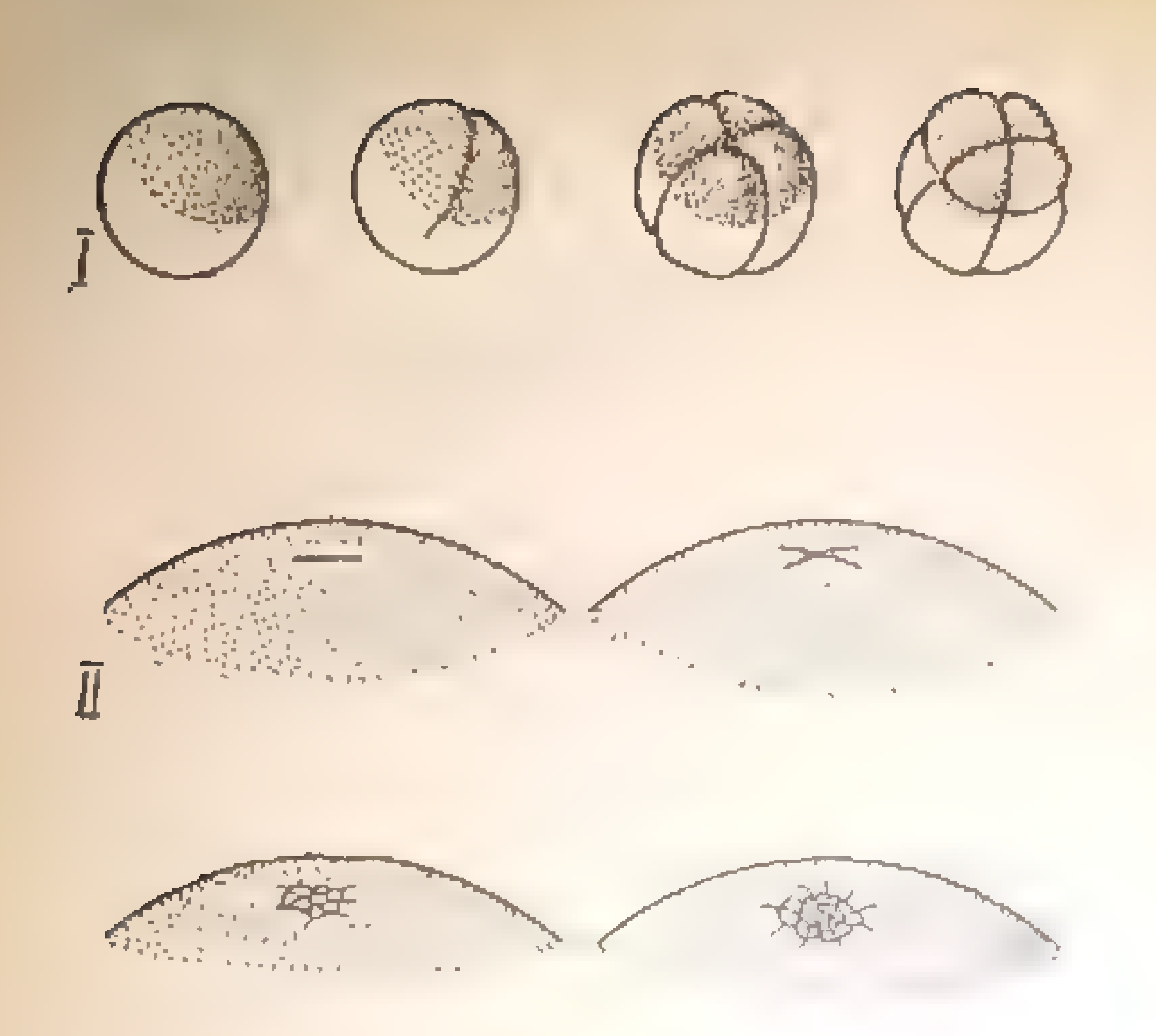


Рис. 117. Начальные стадии дробления яйцеклеток:

I — лягушки; *II* — птицы. Соответственно строению яйцеклетки видны последовательные стадии дробления — 2, 4 и 8 бластомеров. Яйцеклетка лягушки дробится на бластомеры различной величины. В яйцеклетке птиц дробится только поверхностный участок [illegible], в котором расположено ядро.

менно снова делится [illegible] меридиана, и образуются четыре клетки равной [illegible] деление происходит уже в плоскости экватора [illegible] клеток (рис. 116). Далее деления меридиональные и [illegible] чередуются, образуется 16, 32, 64 бластомера и т. д. [illegible] них друг к другу клеток. Увеличение количества [illegible] путем митоза, но в отличие от обычных [illegible] интерфаза очень короткая и бластомеры не растут, [illegible] весь этот процесс дроблением. Уже на стадии 64 бластомеров внутри образуется небольшая полость, которая далее увеличивается, бластомеры располагаются в один слой, образуя бластулу, на которой и заканчивается период дробления. Деление клеток продолжается и на стадии бластулы, и на последующих стадиях, но оно уже не носит той упорядоченности, которой характеризуется процесс дробления.

После того как завершится образование бластулы, начинается следующий период развития, связанный с образованием второго слоя клеток. Наиболее ясно этот процесс наблюдается в том случае, когда образование второго слоя происходит путем впячивания стенки бластулы. Сначала заметно небольшое впячивание, затем оно углубляется, и образуется второй слой клеток, лежащий внутри зародыша, который таким образом становится двуслойным. Эта стадия развития называется гаструлой, а процесс образования второго слоя — гаструляцией. В гаструле уже можно различить два зародышевых листка: наружный — эктодерму и внутренний — энтодерму. Так происходит дробление и гаструляция у ланцетника и других животных, яйцеклетка которых содержит небольшое количество желтка.

У птиц и других животных (например, рыб), яйцеклетка которых содержит много желтка, дробится только диск цитоплазмы, лежащий на поверхности желтка (рис. 117). Яйцеклетка амфибий содержит до-

вольно много желтка и по типу дробления отличается от ланцетника. При дроблении образуются мелкие и крупные бластомеры. Полость в бластуле располагается ближе к одному из полюсов, а крупные клетки противоположного полюса, содержащие много желтка, располагаются в несколько слоев.

Большое количество желтка в яйцеклетке тормозит деление, и поэтому различают полное дробление (ланцетник) и неполное (птицы). Полное дробление может быть равномерным, когда все бластомеры оказываются более или менее равной величины, и неравномерным, когда образуются бластомеры разной величины.

Несмотря на различный характер дробления, форму бластулы, гаструляция, приводящая к образованию энтодермы, носит довольно сходный характер.

В дальнейшем между энтодермой и эктодермой образуется третий слой клеток — мезодерма. Эти слои называются зародышевыми листками. Они сходны у всех позвоночных. В дальнейшем из эктодермы развивается кожный (покровный) эпителий, вся нервная система и органы чувств, из энтодермы — эпителий кишечника, пищеварительные железы, легкие. А из мезодермы — третьего зародышевого

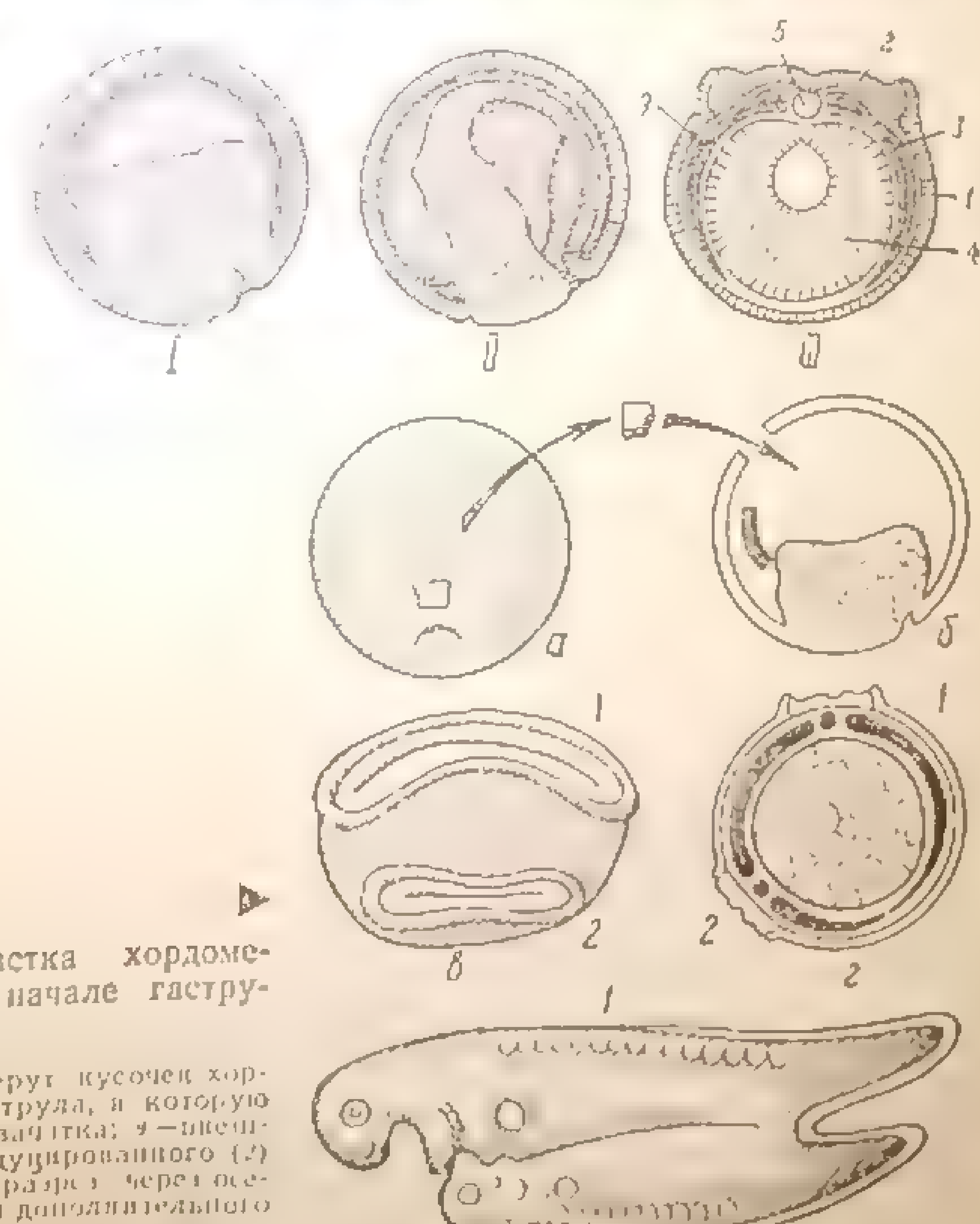


Рис. 118. Развитие тритона:

I — стадия бластулы; II — гаструла; III — поперечный разрез зародыша в момент формирования осевого комплекса органов: 1 — эктодерма; 2 — нервная пластинка; 3 — мезодерма; 4 — энтодерма; 5 — хорда.

Рис. 119. Пересадка участка хордомезодермального зачатка в начале гаструляции:

а — гаструла, от которой берут кусочек хордомезодермы; б — ранняя гаструла, в которую пересаживают взятую часть зачатка; в — внешний вид основного (1) и индуцированного (2) зародыша, г — поперечный разрез через осевой комплекс основного (1) и дополнительного (2) зародыша; д — внешний вид двух развившихся зародышей, 1 — основной, 2 — дополнительный.

листка — служат для образования скелета, мышц, кровеносной и выделительной системы. Последовательность развития, формирование зародышевых листков отражает историческое развитие, что нашло свое выражение в биогенетическом законе (см. стр. 63).

Особенный интерес представляет развитие нервной трубки. На будущей спинной стороне зародыша начинается желобовидное впячивание эктодермы, которое завершается образованием трубки. Эта трубка погружается под эктодерму и образует зачаток спинного мозга, а из ее переднего конца развивается головной мозг. Из середины энтодермы выделяется тяж клеток, который образует хорду. Хорда располагается точно под нервной трубкой, а по бокам от нее — правый и левый зачатки туловищных мезодерм. Все вместе эти зачатки образуют осевой комплекс органов, определяющих спинную сторону и двустороннюю симметрию организма (рис. 118).

Точное совпадение местоположения и времени образования нервной трубки, хорды и мезодермы позволило предположить, что в этом случае одни зачатки влияют на развитие других. И действительно, оказалось, что начало развития и местоположение нервной трубки определяются зачатком хорды и прилежащей к ней мезодермы. Этот факт удалось доказать экспериментально, путем пересадки участков хордомезодермы в необычное для нее место. Для этого в начале гаструляции вырезали часть еще общего зачатка хордомезодермы (рис. 119) и пересаживали на боковую сторону ранней гаструлы. Под влиянием пересаженного участка в необычном месте из эктодермы развивалась вторая нервная трубка и даже целый второй зародыш.

В период гаструляции клетки хордомезодермального зачатка выделяют химические вещества, которые, действуя на эктодерму, вызывают в ней развитие нервной трубки.

Влияние одного эмбрионального зачатка на другой, обеспечивающее его развитие, называют индукцией. В описываемом случае хордомезодерма индуцирует образование из эктодермы нервной трубки, определяя тем самым ее размеры и местоположение. Поскольку далее нервная система обеспечивает целостность организма, определяет нормальное развитие отдельных органов, в описываемом случае можно видеть взаимодействие развивающихся частей зародыша. Сходные явления индуцирующего действия наблюдаются и при развитии других органов, например глаза.

Постэмбриональное развитие. С переходом организмов к самостоятельному существованию заканчивается эмбриональный период развития и начинается постэмбриональный. Развившийся организм, уже способный к самостоятельному существованию, разрывает яйцевые оболочки и выходит наружу. С этого момента и заканчивается эмбриональный период развития и начинается постэмбриональный.

Различают два способа постэмбрионального развития: 1) прямое, когда рождающийся организм сходен со взрослым, и 2) непрямое, когда эмбриональное развитие приводит к образованию личинки, постепенно превращающейся в окончательно сформированный организм. Примером прямого развития может служить развитие птиц и млеко-

ых. Из яйца выходит птенец, уже способный самостоятельно питаться и своей организацией соответствующий взрослому организму. В постэмбриональном периоде он растет, у него появляются признаки пола и т. д.

У амфибий, например лягушки, разрывая яйцевые оболочки, наружу выходит головастик — личинка, сильно отличающаяся от лягушки. Метаморфоз головастика состоит в том, что сначала исчезают наружные жабры, затем развиваются конечности, а потом уже постепенно исчезает хвост. Метаморфоз амфибий определяется главным образом развитием и выделением секрета (гормона) щитовидной железы.

Другим общеизвестным примером метаморфоза служит развитие насекомых (постэмбриональное развитие).

Развитие с метаморфозом имеет большое биологическое значение. В ряде случаев личинка представляет собой стадию развития, специально приспособленную для активного питания и роста, что наблюдается у насекомых и амфибий. Очень часто личинки и взрослые организмы приспособлены к жизни в различных условиях, благодаря чему они не конкурируют друг с другом за место и пищу. Нередко у малоподвижных или прикрепленных животных личинки, свободно передвигаясь, способствуют распространению вида. Например, у живущих в морях прикрепленных примитивных хордовых — асцидий — личинка свободно плавает в толще воды, способствуя этим распространению вида.

Вопросы и задания

1. Чем отличается дробление от обычного деления клетки? 2. Как образуется гаструла? 3. Какие органы и ткани развиваются из эктодермы, мезодермы и энтодермы? 4. Из каких зачатков слагается осевой комплекс органов? 5. Что такое развитие прямое и развитие с метаморфозом?

Раздел III

ОСНОВЫ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ

Характерная черта биологии XX века — быстрое развитие важной ее отрасли — генетики. Генетика изучает законы наследственности и изменчивости и представляет большой теоретический и практический интерес. Изменчивость и наследственность лежат в основе эволюции органического мира и деятельности человека по созданию новых сортов культурных растений и пород домашних животных, как это было установлено еще Ч. Дарвином. **Наследственность можно определить как свойство организмов передавать свои признаки и особенности развития следующему поколению.** Это свойство позволяет животным, растениям и микроорганизмам сохранять из поколения в поколение характерные черты вида, породы, сорта. Наследственность осуществляется через размножение и индивидуальное развитие.

При половом размножении новые поколения возникают в результате оплодотворения. Следовательно, материальные основы наследственности заключены в половых клетках, через которые осуществляется связь между поколениями. При бесполом, или вегетативном, размножении новое поколение развивается или из одноклеточных зачатков — спор, или же из многоклеточных образований (вспомните, например, почкование гидры или размножение растений клубнями, луковицами, «усами» и т. п.). При этих формах размножения материальной связью между поколениями служат клетки.

Изменчивость выражается в различиях между особями в пределах вида.

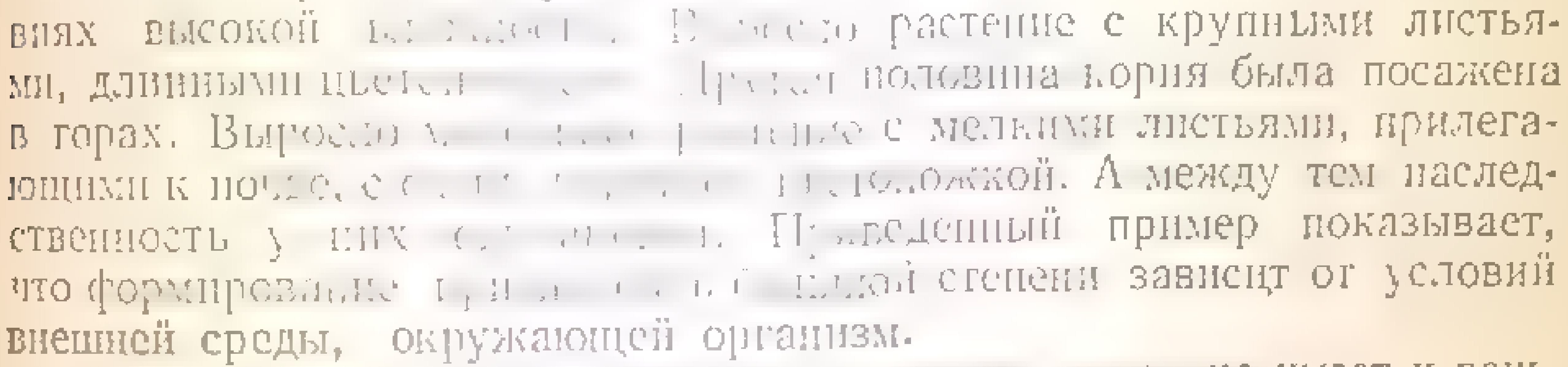
Таким образом, изменчивость — это свойство организмов, как бы противоположное наследственности. Различия, наблюдаемые между особями одного вида, могут зависеть от изменений наследственных



Рис. 120. Изменчивость одуванчика, выращенного из одного корня: 1 — в горах; 2 — в долине.

свойств организма. Изменчивость определяется и внешними условиями, в которых происходит развитие организма. Каждому хорошо известно, что проявление свойств породы во многом зависит от условий содержания и кормления.

На рисунке 120 показан результат опыта, проведенного над одуванчиком. Был взят корень одуванчика и разрезан пополам. Одна половина его высажена на равнине в условиях высокой [illegible]. В[illegible] растение с крупными листьями, длинными цвет[illegible]. Другая половина корня была посажена в горах. Выросло [illegible] растение с мелкими листьями, прилегающими к почве, с [illegible] цветоложкой. А между тем наследственность у них [illegible]. Приведенный пример показывает, что формирование [illegible] степени зависит от условий внешней среды, окружающей организм.



Помимо бо[illegible] значения, генетика имеет и важное практическое. Из[illegible] наследственных признаков домашних животных и культурных растений в желательную для человека сторону и создание новых продуктивных пород и сортов базируются на законах, раскрываемых генетикой. Велико значение генетики и для медицины.

Глава IX

Основные закономерности передачи наследственных свойств

§ 53. Гибридологический метод изучения наследственности

Моногибридное скрещивание. Основные закономерности наследственной передачи признаков в ряде поколений при половом размножении были впервые установлены чешским ученым Грегором Менделем и опубликованы в 1865 году. Его исследования долгое время оставались малоизвестными. Лишь в 1900 году они были как бы «переоткрыты», проверены и подтверждены, и с тех пор стали основой вновь возникшей отрасли биологии — генетики.

Опыты проводились Менделем на горохе. У этого растения много разных сортов, отчетливо отличающихся друг от друга хорошо выраженными наследственными признаками. Имеются, например, сорта с белыми и пурпурными цветками, с высоким и низким стеблем, с желтыми и зелеными семенами, с гладкими и морщинистыми семенами и т. п. Каждая из указанных особенностей стойко наследуется в пределах данного сорта. Горох отличается обычно самоопылением, хотя возможно также и перекрестное опыление.

Мендель применил гибридологический метод исследования, т. е. он скрещивал различающиеся по определенным признакам родительские формы (сорта) и прослеживал проявление изучаемых признаков в ряде поколений.

В своих опытах Мендель шел аналитическим путем: из большого многообразия признаков растений он как бы вычленял одну или несколько пар противоположных друг другу признаков и прослеживал проявление их в ряде следующих друг за другом поколений. Характерной чертой опытов Менделя был точный количественный учет проявления изучаемых признаков у всех особей. Это позволило ему установить определенные количественные закономерности в наследовании.

Исследование Менделя началось с моногибридного скрещивания. Это означает, что для скрещивания брались родительские формы, различающиеся лишь по одной паре признаков, затрагивающих какую-нибудь одну особенность. В ряде следующих поколений прослеживалось наследование именно данной пары признаков.

Единообразие первого поколения гибридов. Если скрестить растения гороха с желтыми и зелеными семенами, то у всех полученных в результате этого скрещивания растений первого поколения (F_1)[1] гибридов семена будут желтыми. Противоположный признак (зеленые семена) как бы исчезает. В этом проявляется первая закономерность, установленная Менделем, которую можно назвать правилом единообразия первого поколения гибридов. В данном опыте это единообразие проявляется в том, что один признак (желтая окраска семян) подавляет проявление противоположного признака (зеленая окраска) и все семена у гибридов F_1 оказываются желтыми (единообразными).

Это явление преобладания признака получило название *доминирования*, а сам признак называется *доминантным*. В рассматриваемом примере желтая окраска семян доминирует над зеленой. Противоположный, внешне исчезающий признак называется *рецессивным*.

В данном случае зеленая окраска — рецессивный признак.

Первый закон Менделя. В потомстве от первого поколения гибридов (т. е. во втором поколении — F_2) наблюдается расщепление. Появляются растения с признаками обоих родителей в определенных численных соотношениях. Желтых семян оказывается примерно в

---

[1] Условно принято обозначать родительское поколение латинской буквой *P* (от латинского parentale — родительский), первое поколение гибридов — F_1, второе — F_2 (от латинского filiale — дочерний) и т. д.

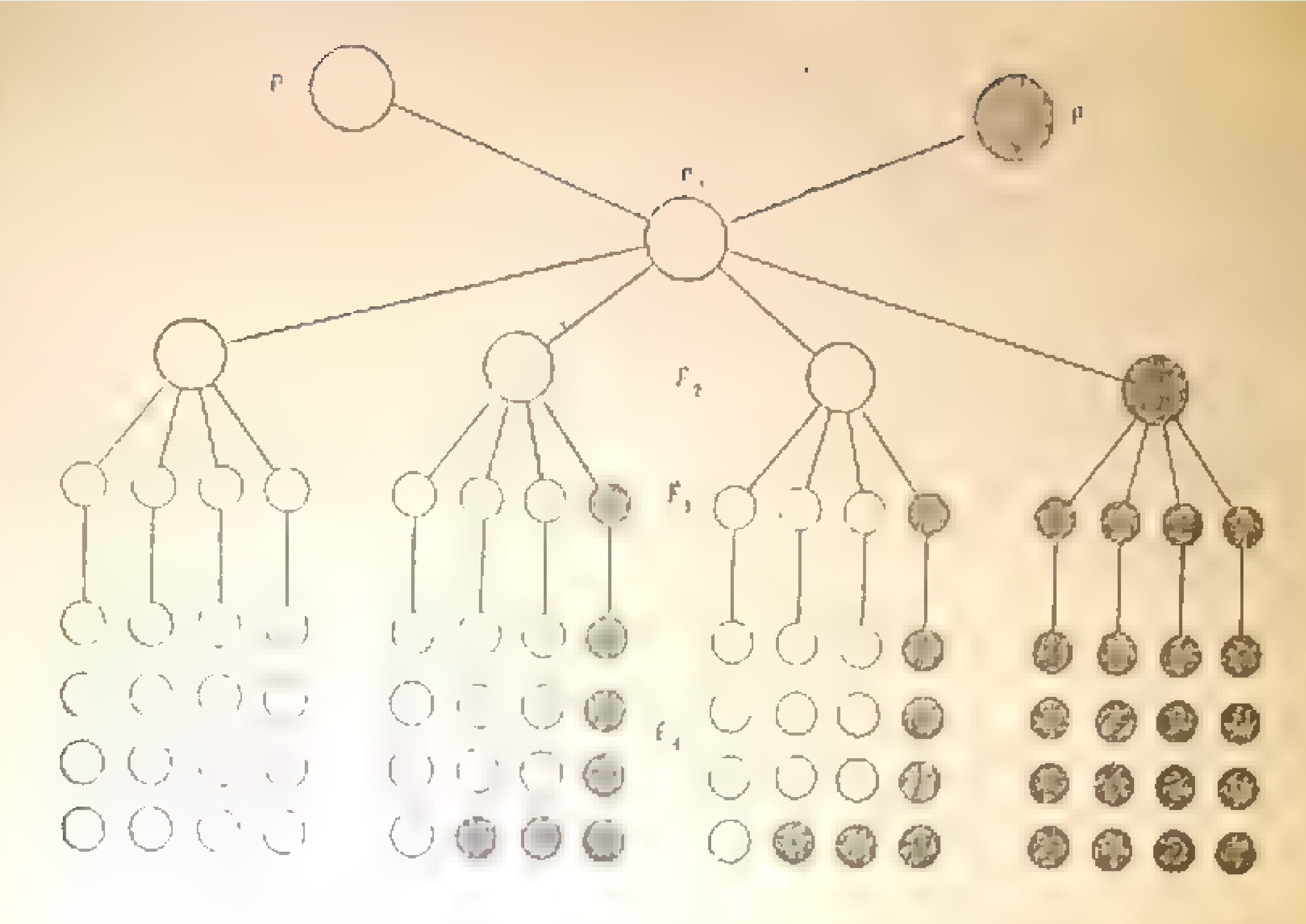


Рис. 121. [illegible]

Светлые кружки — организмы с доминантным признаком, темные — с рецессивным признаком.

три раза больше, [illegible]. Соотношение семян гороха с доминантными и рецессивн[illegible] близко к отношению 3 : 1. В опыте Менделя были [illegible] количественные отношения: желтых — 6022, зел[illegible] результаты дали опыты по изучению д[illegible]. Оказалось, что пурпурная окраска венчика [illegible] над белой и во втором поколении гибридов дает [illegible] расщепления: 3 : 1, гладкая форма семян доминирует [illegible], длинный стебель — над коротким и т. п. Таким образом, рецессивный признак в первом поколении гибридов не исчезает, [illegible] в подавленном состоянии и вновь выявляется в определенном количественном соотношении во втором поколении. В этом [illegible] закон Менделя, получивший название закона расщепления. Он гласит, что **гибриды первого поколения (F_1) дают расщепление; в потомстве их снова появляются особи с рецессивными признаками, составляющие примерно четвертую часть от всего числа потомков.**

Как будут проявляться признаки в третьем, четвертом и последующих поколениях гибридов? Для решения этого вопроса Мендель провел анализ третьего и последующих поколений путем получения потомства самоопылением каждой особи второго поколения гибридов (F_2) (рис. 121).

На рисунке видно, что растения, обладавшие рецессивным признаком, далее в любом числе поколений не обнаруживали расщепления. В их потомстве никогда не появлялось растений с доминантным признаком. Иначе вели себя гибриды второго поколения, обладавшие доминантным признаком. Среди них при индивидуальном анализе потомства путем самоопыления каждого отдельно взятого растения

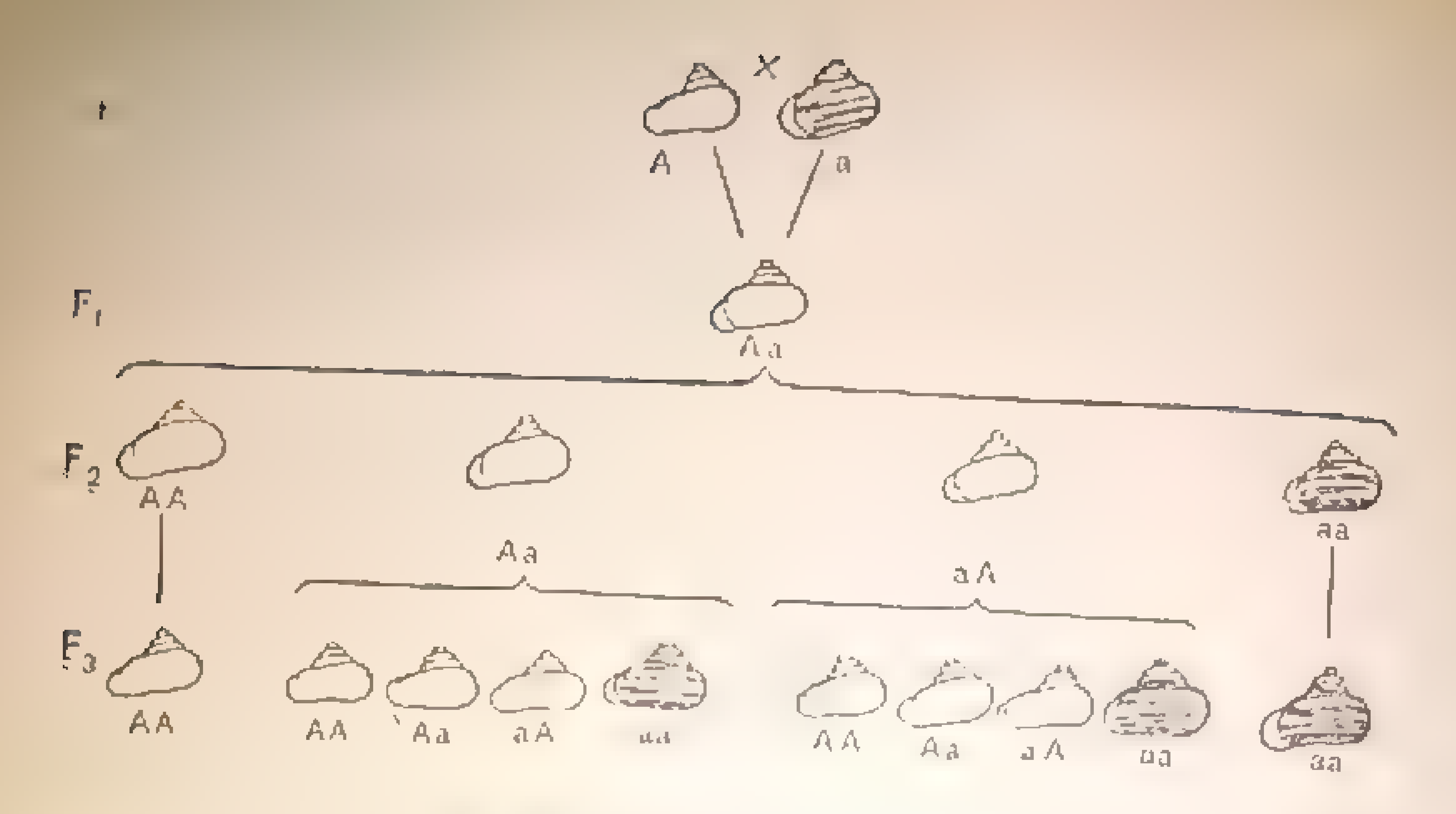


Рис. 122. Скрещивание двух рас улитки с [illegible] (доминантный признак) и полосатой (рецессивный признак) раковиной.

обнаруживаются две группы. Первая из них, составляющая $^1/_3$ от общего числа растений с доминантным признаком, далее не расщепляется. В их потомстве, в третьем, четвертом и последующих поколениях, обнаруживается только доминантный признак. Совсем иначе ведут себя другие растения второго поколения, составляющие в общей сложности $^2/_3$ от общего числа растений с доминантным признаком. В их потомстве проявляется расщепление в том же соотношении: 3 : 1 ($^3/_4$ доминантных, $^1/_4$ рецессивных), как и у гибридов второго поколения (рис. 121). Исследование последующих поколений дает сходный результат. Потомки растений с рецессивным признаком не расщепляются. Среди особей с доминантным признаком вновь обнаруживаются по характеру потомства две группы растений: $^1/_3$ не обнаруживает расщепления, а среди потомства остальных $^2/_3$ наблюдается расщепление в том же численном соотношении: 3 : 1.

Закон расщепления имеет общее значение. У всех растительных и животных организмов при половом размножении имеет место расщепление в потомстве гибридов (F_2).

На рисунке 122 изображен в качестве примера результат скрещивания двух наследственно отличавшихся рас садовой улитки. У одной из них равномерно окрашенная желтая гладкая раковина. У второй раковина с черными полосами. Здесь также наблюдаем моногибридное скрещивание. Начиная со второго поколения расщепление идет в тех же численных соотношениях: 3 : 1.

Мы видели выше, что особи, сходные по внешности, могут обладать различными наследственными свойствами. Например, среди растений гороха с желтыми семенами во втором поколении гибридов одни растения при самоопылении обнаруживают в потомстве расщепление, другие же не расщепляются: они, можно сказать, «чисты» в отношении своих наследственных зачатков. Такие особи, ко-

торые не обнаруживают в своем потомстве расщепления и сохраняют свои признаки в «чистом» виде, называются гомозиготными. Те же, которые в потомстве обнаруживают явление расщепления, т. е. являются по своим наследственным зачаткам гибридными, носят название гетерозиготных. Используя только что приведенные термины, мы можем следующими словами описать рассмотренный выше ход скрещивания двух сортов растений гороха. Для скрещивания в качестве родительских форм были взяты гомозиготные растения с желтыми и зелеными семенами. В первом поколении гибридов получены гетерозиготные «желтые» горохи. При скрещивании их между собой или при самоопылении во втором поколении гибридов наблюдается расщепление в отношении один гомозиготный «желтый», два гетерозиготных «желтых» и один гомозиготный «зеленый». Растения с рецессивным признаком никогда не бывают в отношении него гетерозиготными. Это вполне понятно, так как наличие зачатка, определяющего развитие доминантного признака, сделало бы невозможным проявление рецессивной особенности.

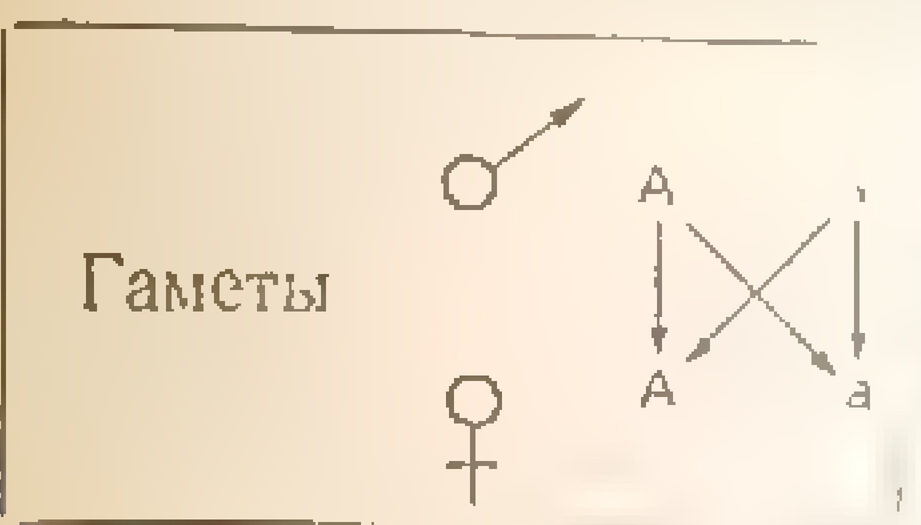
Промежуточный характер наследования. В рассмотренных выше примерах правило единообразия первого поколения гибридов находило свое выражение в том, что гибриды внешне были похожи на одного из родителей, т. е. проявлялось доминирование. Это наблюдается не всегда. Часто гибридные гетерозиготные формы носят промежуточный характер. На [illegible] XVI представлены результаты скрещивания двух наследственных форм декоративного растения ночная красавица. Одна из них обладает красными цветками, другая — белыми. Все гибриды первого поколения имеют розовые цветки, т. е. они носят промежуточный характер. При скрещивании их между собой во втором поколении происходит расщепление в отношении одна красная, две розовые и одна белая (1 : 2 : 1). Очевидно, что в этом случае гетерозиготные (гибридные) растения и по внешности отличаются от гомозиготных (в данном случае красных и белых).

Исследования, проведенные на разных растительных и животных объектах, показали, что между полным доминированием (пример с горохом) и промежуточным характером наследования (ночная красавица) не существует резких различий. Нередко доминирование оказывается неполным и гибридные (гетерозиготные) особи приближаются к одному из родителей.

Гипотеза чистоты гамет. Статистический характер закона расщепления. В чем причина расщепления? Почему при гибридизации не возникает стойких промежуточных гибридов, а происходит появление форм, сходных с родительскими в строго определенных численных отношениях? Для объяснения явления расщепления и наблюдаемых при этом численных отношений Мендель предложил «гипотезу чистоты гамет», которую на основе современных данных цитологии (см. стр. 206) можно назвать законом чистоты гамет.

Связь между поколениями при половом размножении осуществляется через половые клетки (гаметы). Очевидно, что гаметы несут

какие-то материальные наследственные факторы (в современной генетике их называют генами), которые определяют развитие того или иного признака. Обозначим ген, определяющий доминантный признак, какой-либо заглавной буквой алфавита (например, A) и соответствующий ему рецессивный ген — малой буквой (соответственно a). Обозначая скрещивание знаком умножения, мы можем представить себе скрещивание доминантной и рецессивной форм символами: $A \times a = Aa$. Очевидно, гетерозиготная форма (первое поколение гибридов) имеет оба гена, как доминантный, так и рецессивный. Гипотеза чистоты гамет утверждает, что у гибридной (гетерозиготной) особи половые клетки не гибридны, т. е. не несут оба гена. Они «чисты», т. е. имеют по одному гену из данной пары. Это означает, что у гибрида Aa будут в равном числе возникать гаметы A (доминантный ген) и a (рецессивный ген). Какие же между ними возможны сочетания? Очевидно, что равновероятны четыре комбинации, поясняемые следующей схемой (значок ♂ означает мужские гаметы, значок ♀ — женские):



В результате этих четырех комбинаций получатся сочетания: $AA + Aa + aA + aa$, иначе, $AA + 2Aa + aa$. Если мы будем иметь дело с доминантным и рецессивным признаками, то ясно, что первые три сочетания дадут особи с доминантным признаком, четвертое — с рецессивным. Таким образом, мы видим, что гипотеза чистоты гамет удовлетворительно объясняет причину расщепления и наблюдаемые при этом численные соотношения. Вместе с тем становятся ясны и причины различия в отношении дальнейшего расщепления особей с доминантными признаками в третьем и последующих поколениях гибридов. Особи с доминантными признаками по своей наследственной природе неоднородны. Одна из трех (AA), очевидно, будет давать гаметы только одного сорта (A) и, следовательно, при самоопылении или скрещивании с себе подобными не будет расщепляться. Что касается двух других (Aa), то они дадут гаметы двух сортов и в их потомстве будет происходить расщепление в тех же численных соотношениях, что и у гибридов второго поколения. В тех случаях, когда доминирование не наблюдается и гибриды носят промежуточный характер, особи наследственного состава Aa отличаются от гомозиготных форм не только по наследственной структуре, но и по видимым признакам (табл. XVI).

Исходя из гипотезы чистоты гамет, мы можем углубить понятия гомозиготы и гетерозиготы (стр. 220—221). *Гомозиготными по данной паре признаков следует называть такие особи, которые образуют лишь один сорт гамет и поэтому при самоопылении или скрещивании с себе подобными в потомстве не расщепляются. Гетерозиготы дают разные гаметы (несущие разные гены данной пары), и поэтому в их потомстве наблюдается расщепление.*

Гипотеза чистоты гамет устанавливает, что закон расщепления есть результат случайного сочетания гамет, несущих разные гены. Соединится ли гамета, несущая ген A, с другой гаметой, тоже несу-

щей ген *A* или же *a*, при условии равной жизнеспособности гамет и равного их количества, одинаково вероятно. Гораздо менее вероятно, что сочетание одинаковых гамет произойдет два раза подряд. Еще менее вероятно, что это будет наблюдаться три раза подряд. Приведем такую аналогию. Если мы [illegible] кидать монету на пол, то одинаково вероятно, что сверху [illegible]. Ожидать, что монета два раза [illegible], уже менее вероятно. Если мы будем [illegible] (например, 15 или 20), то вероятность [illegible] мала. При достаточно большом [illegible] «орлом» или «решкой» окажется [illegible]. При случайном характере единичного события [illegible] оказывается закономерным. Здесь мы встречаемся со [illegible] закономерностью, определяемой большим числом [illegible] событий. К числу статистических закономерностей, [illegible] вероятностью встречи разных гамет, относится и [illegible] расщепления (первый закон). Из сказанного [illegible], что отношение 3 : 1 при моногибридном скрещивании [illegible] доминирования) или же 1 : 2 : 1 (при [illegible] наследования) следует рассматривать как **статистическую закономерность**. Действительно, [illegible] отношения будут тем ближе к указанным цифрам, чем больше число наблюдений.

Цитологические [illegible] «чистоты гамет». В то время, когда Г. Мендель сформулировал гипотезу **чистоты гамет**, еще ничего не [illegible] делении клетки, о развитии гамет, о [illegible]). В настоящее время благодаря [illegible] законы Менделя получили твердую цитологическую [illegible]. [illegible] мы уже видели в главе VIII (стр. 199), каждый вид [illegible] обладает определенным числом хромосом. В [illegible] все хромосомы парные (за исключением [illegible]). При созревании половых клеток [illegible] парных (гомологичных) хромосом, и в процессе [illegible] расходятся в разные клетки (табл. XV). Благодаря этому в гаметах оказывается половинное по сравнению с соматическими клетками число хромосом, причем от каждой пары хромосом имеется по одной. Хромосомный набор соматических клеток называется диплоидным ($2n$), половых — гаплоидным (n). При оплодотворении вновь восстанавливается диплоидный (парный) хромосомный набор, в котором каждая пара хромосом представлена одной отцовской и одной материнской.

Допустим для простоты, что у изучаемого нами организма имеется всего одна пара хромосом (рис. 123), а гены — это участки хромосом. Парные гены расположены в гомологичных хромосомах. Легко понять, что при мейозе, когда из каждой пары гомологичных хромосом в гаметах окажется по одной, то, естественно, в них будет и по одному гену из каждой пары. При образовании диплоидного набора хромосом в зиготе вновь восстановится парность хромосом и локализованных в них генов. Если исходные родительские формы были гомозиготны-

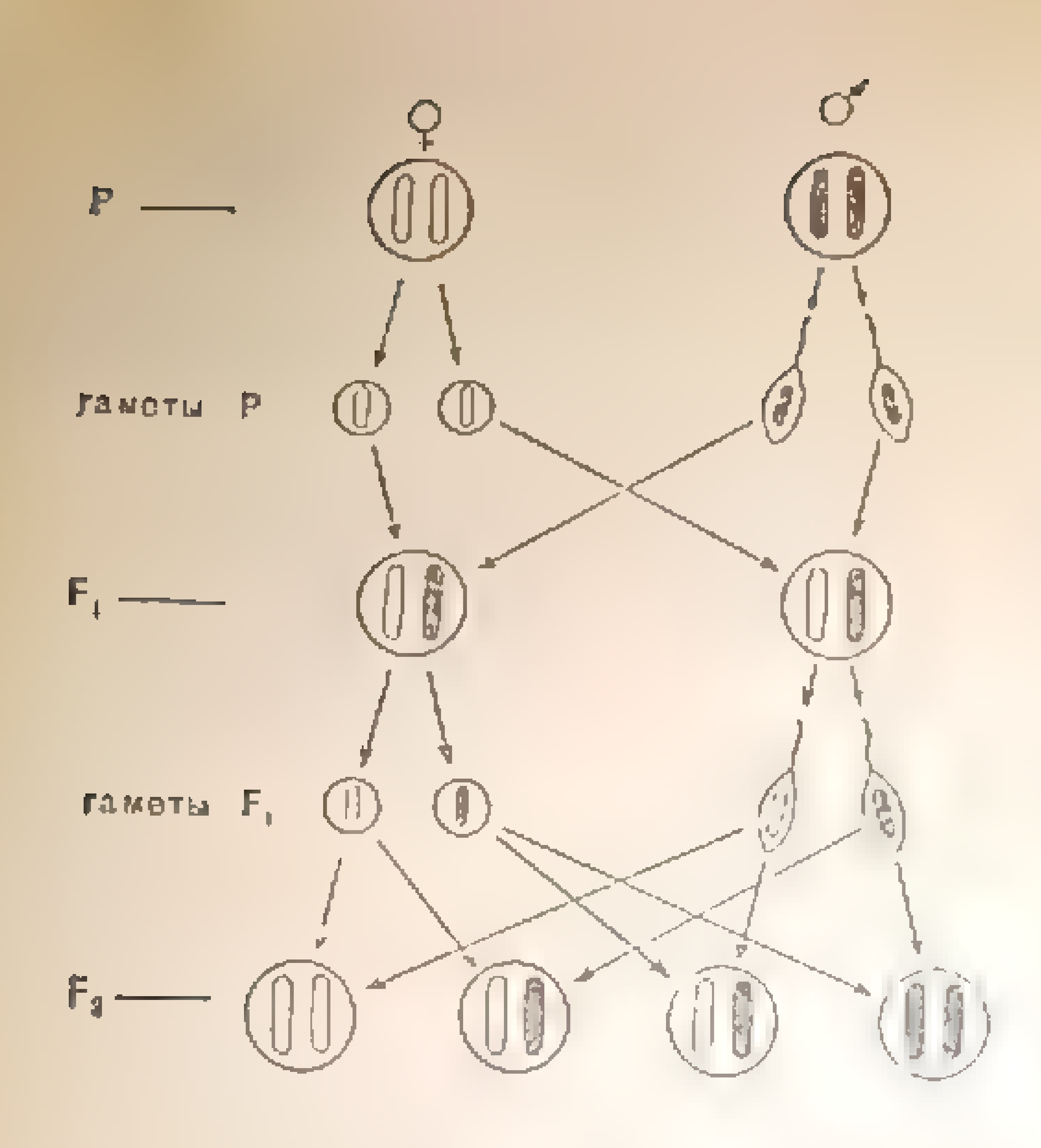


Рис. 123. Цитологические основы моногибридного расщепления.

Хромосомы, несущие ген доминантного признака, светлые, рецессивного — черные.

ми и одна из них обладала хромосомами, несущими доминантные гены, а другая — рецессивные, то понятно, что зигота, из которой разовьется гибрид первого поколения, будет гетерозиготной. При созревании у гетерозиготной особи половых клеток в процессе редукционного деления гомологичные хромосомы окажутся в разных гаметах и, следовательно, в гаметах будет лишь по одному гену из каждой пары. Возникло прочно утвердившееся в генетике представление, что хромосомы являются носителями генов. В этом заключается сущность хромосомной теории наследственности.

При делении клетки происходит удвоение хромосом (стр. 196). Ему предшествует редупликация молекул основного химического компонента хромосом — ДНК. Этот процесс связан и с удвоением генов, которые представляют собой участки молекулы ДНК.

Аллельные гены. Рассмотренный нами материал о закономерностях наследования при моногибридном скрещивании позволяет сформулировать некоторые основные понятия, необходимые для дальнейшего изучения генетики. Мы видели на примере наследования у гороха, ночной красавицы, садовой улитки и других объектов, что гены, определяющие развитие различных признаков, составляют пары. Такими парами являются, например, ген желтой и ген зеленой окраски семян гороха, ген белой и ген красной окраски цветка ночной красавицы и т. п. **Такие парные гены носят название аллельных, а пара генов называется аллелью.** Следовательно, гены желтой и зеленой окраски семян гороха — это аллельные гены. *Аллельные гены располагаются в гомологичных, т. е. парных, хромосомах. Аллельные гены обнаруживают явление расщепления.* Напротив, неаллельные гены не расщепляются по закону Менделя. Например, не наблюдается расщепления в отношении окраски семян и окраски цветка. Эти гены и определяемые ими признаки не образуют аллели.

Генотип и фенотип. Важными понятиями генетики являются понятия о фенотипе и генотипе. **Генотипом называют всю совокупность генов (наследственных факторов), которые организм получает от родителей.** Понятно, что генотип (или, иначе, наследственная основа) определя-

и формирование признаков развивающегося из зиготы организма. Однако любой процесс индивидуального развития протекает в тесной и неразрывной связи с внешними условиями (почва, питание, температура, газовый режим и т. п.). При разных условиях сходные генотипы могут дать резко различающееся выражение признака. Мы привели уже один такой пример развития одуванчика (рис. 120). Поскольку оба изображенных на рисунке растения выросли из половинок одного и того же корня, ясно, что генотип у них сходен, а признаки резко различны. В с я с о в о к у п н о с т ь в н е ш н и х и в н у т р е н н и х п р и з н а к о в о р г а н и з м а и н а з ы в а е т с я ф е н о т и п о м. Для того чтобы выявить полезные свойства породы домашних животных или сорта культурных растений, необходимо создавать благоприятные условия для развития, при которых заложенные в генотипе положительные свойства породы или сорта проявлялись фенотипически.

Иногда сходные фенотипы получаются при различных генотипах. Вспомним результат расщепления во втором поколении гибридов при скрещивании сортов гороха с желтыми и зелеными семенами. Среди растений второго поколения, обладающих доминантным признаком (желтыми семенами), [illegible] гомозиготные (AA) и гетерозиготные (Aa). Формы [illegible] состава AA при самоопылении не будут расщепляться, [illegible] формы с гетерозиготным генотипом Aa будут [illegible] в отношении 3 : 1.

Вопросы и задания

1. Что изучает [illegible]? [illegible] доминирует над [illegible] [illegible] от скрещивания гетерозиготного [illegible]? С комолыми [illegible] коровами? [illegible] комолые [illegible] 3. В чем [illegible] гамет? 4. Какие гены называются аллельными? Приведите [illegible] 5. [illegible] понятия «фенотип» и «генотип». Приведите примеры. 6. [illegible] «гомозигота» и «гетерозигота». Поясните примерами.

§ 54. Дигибридное и полигибридное скрещивание

Моногибридное скрещивание легко может быть получено в опыте. Однако в природных условиях скрещивание обычно происходит между особями, различающимися по многим признакам. Каковы же в этих более сложных случаях закономерности наследования? Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим дигибридное скрещивание, т. е. наследование двух пар признаков. В качестве примера обратимся вновь к разным сортам гороха, изученным Менделем. Результаты опыта изображены на таблице XVI. Исходными формами для скрещивания взяты, с одной стороны, сорт гороха с желтыми и гладкими семенами, с другой — с зелеными и морщинистыми. В этом скрещивании мы имеем дело с двумя аллелями. Одна аллель включает гены окраски семян (желтая, зеленая), вторая—формы семян (гладкая, морщинистая). Если для скрещивания взяты гомозиготные формы, то все по-

томство в первом поколении гибридов будет обладать желтыми гладкими семенами. Следовательно, в первой аллели доминантной (как это уже известно нам из анализа моногибридного скрещивания) окажется желтая окраска, рецессивной — зеленая (аллель A — a). Во второй аллели (обозначим ее B — b) гладкая форма семян доминирует над морщинистой. При самоопылении или скрещивании между собой гибридов первого поколения произойдет расщепление. По фенотипу получится четыре группы особей в различных численных отношениях: на девять желтых гладких (AB) будет приходиться три желтые морщинистые (Ab), три зеленые гладкие (aB) и одна зеленая морщинистая (ab). В кратком виде это расщепление можно представить следующей формулой: $9AB : 3Ab : 3aB : 1ab$.

Рассмотрим более подробно ход скрещивания и расщепления (см. табл. XVI). Пользуясь принятыми символами, генотип исходных гомозиготных родительских форм следует обозначить как $AABB$ и $aabb$. Очевидно, исходя из гипотезы чистоты гамет, их половые клетки должны нести по одному гену от каждой аллели, т. е. гаметы будут у одной родительской формы AB, а у другой — ab. В результате оплодотворения получится гибрид наследственного состава $AaBb$. Этот гибрид гетерозиготен по двум аллелям, но так как у него присутствуют гены A и B, то по фенотипу он сходен с одним из родителей. Результаты расщепления во втором поколении можно предсказать, если знать, какие гаметы получаются у дважды (по обеим аллелям) гетерозиготных гибридов первого поколения. Так как в гамете из каждой аллели может присутствовать только один ген (гипотеза чистоты гамет), то, очевидно, у двойных гетерозигот должны быть четыре сорта гамет, а именно: AB, Ab, aB и ab. Встреча между любыми двумя из этих гамет, принадлежащих различным родителям, одинаково вероятна. Из четырех по два может быть 16 различных комбинаций. Все они представлены на таблице, где вписаны также все 16 образующихся при этом генотипов. Во всех 16 квадратах нарисованы также фенотипы соответствующих особей. Легко подсчитать окончательный результат расщепления F_2, который уже приведен выше.

Когда скрещиваются организмы, различающиеся по признакам, в отношении которых наблюдается полное доминирование, то число возникающих во втором поколении гибридов различных генотипов значительно больше, чем число разных фенотипов. Как было показано, при дигибридном расщеплении наблюдается четыре разных фенотипа. Большинство их слагается из нескольких генотипов. Среди растений гороха, обладающих желтыми и гладкими семенами (фенотип AB), как бы «скрывается» четыре разных генотипа, а именно: формы гомозиготные ($AABB$), гетерозиготы по признаку окраски семян ($AaBB$), гетерозиготы по признаку формы семян ($AABb$) и, наконец, формы гетерозиготные по обеим аллелям ($AaBb$). Таким образом, этот фенотип включает четыре разных генотипа. Растения с желтыми морщинистыми семенами (фенотип Ab) представлены двумя генотипами: гомозиготами $AAbb$ и гетерозиготами $Aabb$. Два генотипа «скрываются» и за фенотипом с зелеными гладкими семенами (aB),

Рис. 121. Скрещивание и ход расщепления в двух поколениях двух пород морских свинок, различающихся по двум аллелям—окраске и форме шерсти (дигибридное скрещивание).

а именно $aaBB$ и $aaBb$. Что касается рецессивных форм с морщинистыми зелеными семенами, то они всегда гомозиготны и представлены одним генотипом $aabb$. Таким образом, число различных генотипических комбинаций у второго поколения гибридов (F_2) оказывается равным девяти.

Рассмотренные количественные отношения между числом различных фенотипов и генотипов в F_2 [illegible] справедливы для аллелей с полным [illegible], но в случаях промежуточного характера [illegible] фенотипически различных форм будет [illegible] наследование промежуточное, то [illegible] различных групп равняется числу генотипически различных групп.

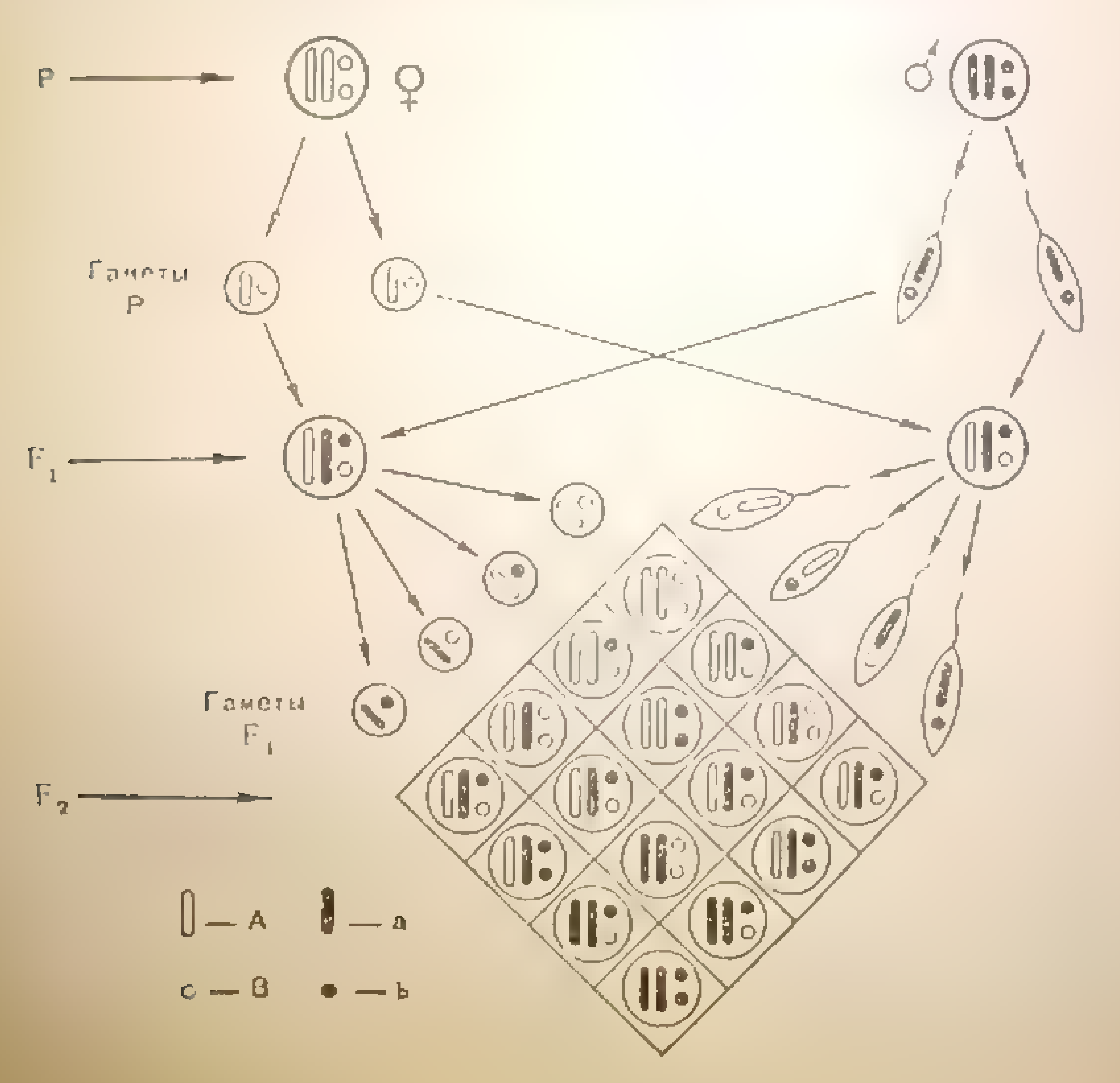
Ход дигибридного [illegible] можно показать и на примере животных. На рисунке [illegible] дигибридное скрещивание двух пород морских [illegible] с белыми мохнатыми. В данном случае черная [illegible] доминирует над белой, мохнатая шерсть — над гладкой. [illegible] без дальнейших пояснений ясен ход скрещивания, [illegible] аналогичен рассмотренному дигибридному скрещиванию [illegible]ов. Отметим только, что в данном случае гибрид первого [illegible] будет отличаться от обоих родителей, так как он совместит [illegible] доминантных признака, которые были распределены между двумя родительскими формами.

Второй закон Менделя. Сопоставим результаты дигибридного и моногибридного скрещиваний. Если учитывать результаты расщепления по каждой аллели в отдельности, то легко видеть, что соотношение, характерное для моногибридного скрещивания, сохраняется. При рассмотренном выше дигибридном расщеплении у горохов отношение числа желтых семян (A) к зеленым (a) равняется 12 : 4 (3 : 1). То же касается и отношения гладких семян (B) к морщинистым (b). Таким образом, дигибридное расщепление представляет собой по существу два независимо идущих моногибридных, которые как бы «накладываются» друг на друга. Это может быть выражено алгебраически как квадрат двучлена $(3 + 1)^2 = 3^2 + 2 \times 3 + 1^2$, или, что то же самое, $9 + 3 + 3 + 1$. Это отношение и имеет место на самом деле при дигибридном расщеплении. Мы подошли, таким образом, к фор-

мулировке второго очень важного закона, установленного Менделем, который можно назвать **законом независимого распределения генов**. Он гласит, что **расщепление по каждой паре признаков (по каждой аллели) идет независимо от других пар признаков (относящихся к другим аллелям)**.

Цитологические основы дигибридного расщепления. Как связать закономерности дигибридного расщепления с теми процессами, которые совершаются в половых клетках при их созревании и оплодотворении? Эти отношения поясняются на прилагаемой схеме (рис. 125). Диплоидный набор хромосом представлен здесь двумя гомологичными парами. В парных хромосомах расположены аллельные гены. В палочковидных хромосомах гены *A* (светлые) и *a* (черные), в сферических хромосомах гены *B* (светлые) и *b* (черные). В результате мейоза из каждой гомологичной пары хромосом в гаметах остается по одной (см. схему). В результате оплодотворения в двойной гетерозиготе *AaBb* в каждой паре хромосом будут разные гены одной аллели (на схеме белая и черная). При редукционном делении у гибрида первого поколения (F_1) в равном количестве образуется четыре сорта гамет.

Рис. 125. Цитологические основы дигибридного скрещивания
Хромосомы, несущие доминантные гены, светлые, рецессивные — темные.



Это зависит от того, что при мейозе во время конъюгации хромосом, предшествующей их расхождению, взаимное расположение хромосом разных гомологичных пар носит случайный характер. Если, например, к одному полюсу отходит «черная» палочковидная хромосома, то из другой пары с одинаковой долей вероятности может отойти или тоже «черная», или же «белая». В результате оплодотворения и развития второго поколения гибридов (F_2) одинаково вероятно образование 16 категорий зигот. На схеме все возможные комбинации хромосом в зиготах вписаны в квадрате. Рекомендуем в качестве самостоятельного задания выписать карандашом около всех зигот и гамет соответствующие им буквенные обозначения генов. Эти обозначения даны на схеме слева внизу, около рисунка хромосом.

Зная, что аллельные гены локализованы в гомологичных хромосомах, мы можем несколько иначе изобразить ход дигибридного скрещивания и расщепления, чем мы это делали до сих пор, представив в формулах гомологичные хромосомы в виде черточек. Генетическая формула исходных гомозиготных родительских форм приобретает следующий вид:

1) $\frac{A}{A}\frac{B}{B}$ (вместо $AABB$) и 2) $\frac{a}{a}\frac{b}{b}$ (вместо $aabb$). Соответственно формула дигибридной гетерозиготы будет выглядеть так: $\frac{A}{a}\frac{B}{b}$

Генотипы второго поколения приобретут следующий вид:

$\frac{A}{A}\frac{B}{B}(AABB)$, $\frac{A}{a}\frac{B}{B}(AaBB)$, $\frac{A}{A}\frac{B}{b}(AABb)$,

$\frac{A}{a}\frac{B}{b}(AaBb)$, $\frac{a}{a}\frac{B}{B}(aaBB)$, $\frac{a}{a}\frac{B}{b}(aaBb)$,

$\frac{A}{A}\frac{b}{b}(AAbb)$, $\frac{A}{a}\frac{b}{b}(Aabb)$, $\frac{a}{a}\frac{b}{b}(aabb)$

Такой способ обозначения имеет то преимущество, что он указывает на связь генов с хромосомами.

Общие формулы расщепления. Пользуясь законами Менделя, можно разобраться и в более сложных случаях расщепления — для тригибридов, тетрагибридов и т. п. В основе всегда будет лежать моногибридное расщепление в отношении 3 : 1 (при наличии доминирования). Для дигибридов это будет $(3:1)^2$, для тригибридов — $(3:1)^3$, для n-й степени гибридности — $(3:1)^n$. Для тригибридов, где различия между родительскими формами сводятся к трем генам трех разных аллелей (назовем их условно ABC и abc), генотипическая формула тригетерозиготы первого поколения будет $AaBbCc$ (или $\frac{A}{a}\frac{B}{b}\frac{C}{c}$).

Рекомендуем, исходя из правила чистоты гамет, самостоятельно представить картину расщепления тригетерозиготы в F_2.

Анализирующее скрещивание. Все изложенное выше о закономерностях в характере наследования признаков ясно показывает, что по фенотипу организма нельзя судить с достаточной полнотой о его наследственной структуре—его генотипе. Например, горох с желтыми гладкими семенами может быть гомозиготным (генотип *AABB*), а может быть и дигетерозиготным (*AaBb*) или гетерозиготным по одной аллели (*AABb* и *AaBB*). Определить генотип можно лишь по характеру расщепления гибридного поколения. Определение генотипа не только представляет теоретический интерес, но также имеет и большое практическое значение при селекционной работе по выведению или улучшению пород и сортов.

При этом широко используется анализирующее скрещивание, которое представляет собой скрещивание особи, генотип которой мы хотим определить, с формой чисто рецессивной по изучаемым аллелям. Такое скрещивание имеет большие преимущества, заключающиеся в том, что позволяют в первом же поколении гибридов определить гаметы анализируемой формы. Действительно, чисто рецессивная форма всегда гомозиготна (стр. 221). Например, зеленые морщинистые семена гороха имеют генотип *aabb* и дают гаметы только одного вида — *ab*. Допустим, что горох обладающий зелеными морщинистыми семенами, мы скрестили с горохом с желтыми и гладкими семенами, генотип которых нам неизвестен, и получили потомство, в котором 25% растений обладают желтыми гладкими семенами, 25% — желтыми морщинистыми, 25% — зелеными гладкими и 25% — зелеными морщинистыми. Что можем мы на основании этих данных сказать о генотипе взятой нами для скрещивания формы? Очевидно, можно утверждать, что она образовывала 4 сорта гамет в равных количествах, т. е., другими словами, была гетерозиготной по двум аллелям. Приведенная ниже таблица поясняет ход этого скрещивания:

		Желтые гладкие *AaBb*			
		Гаметы			
		AB	*Ab*	*aB*	*ab*
Зеленые морщинистые *aabb*	Гаметы *ab*	*AaBb*	*Aabb*	*aaBb*	*aabb*
		желтые гладкие	желтые морщин.	зеленые гладкие	зеленые морщин.

Допустим, что в другом аналогичном скрещивании растений с теми же признаками мы не получили в потомстве никакого расщепления и все растения оказались имеющими лишь доминантные признаки по изучаемым аллелям (т. е. желтые гладкие семена). Это будет указывать на то, что взятая нами особь была доминантной гомозиготной (*AABB*). Этот случай уже был разобран подробно выше (§ 54).

Анализирующее скрещивание представляет собой один из широко применяемых методов генетического анализа, цель которого — выяснение генотипа особей.

Вопросы и задания

1. У томатов круглая форма плодов (*A*) доминирует над грушевидной (*a*), красная окраска плодов (*B*)—над желтой (*b*). Пользуясь генетическими формулами, напишите ход следующих скрещиваний: А) Растение с красными круглыми плодами скрещено с растением, обладающим грушевидными желтыми плодами. В потомстве все растения дали красные округлые плоды. Каковы генотипы родителей? Гибридов? Напишите формулы. Б) Фенотипы родителей, как в предыдущем опыте, но результат иной. Среди гибридов 25% растений дают красные круглые плоды, 25% — красные грушевидные плоды, 25% — желтые круглые плоды, 25% — желтые грушевидные плоды (отношение 1 : 1 : 1 : 1). Каковы генотипы родителей? Гибридов? В) Фенотипы родителей те же, но результат расщепления иной. В потомстве 50% растений дают красные круглые плоды и 50% — красные грушевидные плоды. Каковы генотипы родителей? Гибридов? 2. Что такое «анализирующее скрещивание» и в чем его преимущество при генетическом анализе?

§ 55. Явление сцепленного наследования

Независимое распределение наследственных факторов (второй закон Менделя) основано на том, что гены, относящиеся к разным аллелям, размещены в разных парах гомологичных хромосом. Естественно возникает вопрос: а как же будет происходить распределение разных (неаллельных) генов в ряду поколений, если они лежат в одной и той же паре хромосом? Уже чисто теоретически следует допустить, что такое явление должно иметь место, ибо число генов, которое удается установить путем гибридологического анализа, во много раз превосходит число хромосом. Очевидно, что к генам, находящимся в одной хромосоме, закон независимого распределения (второй закон Менделя) неприложим и закон этот должен быть ограничен лишь теми случаями, когда гены разных аллелей находятся в разных хромосомах.

Вопрос о закономерностях наследования при нахождении генов в одной хромосоме был тщательно изучен Т. Морганом и его школой. Основным объектом исследований служила небольшая плодовая мушка дрозофила (рис. 126). Это насекомое исключительно удобно для генетической работы. Мушка легко разводится в лабораторных условиях,



Рис. 126. Самец (слева) и самка дрозофилы.

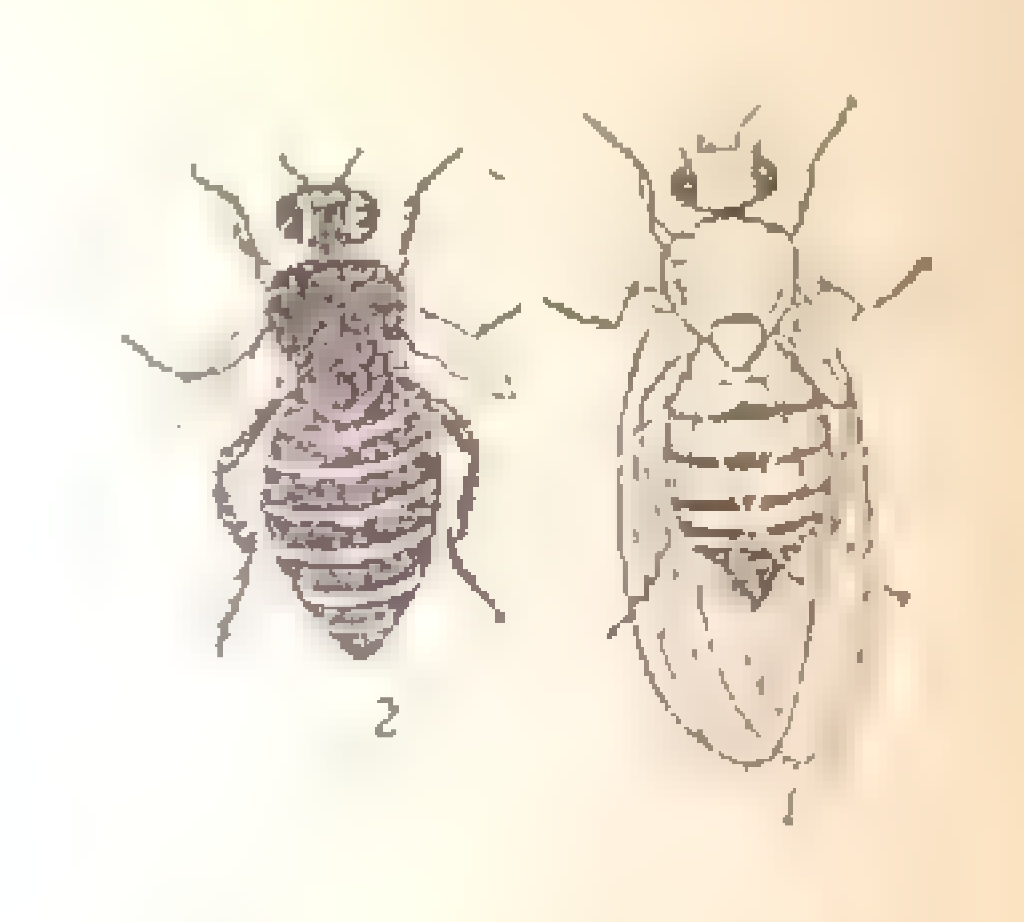




Рис. 127. Разные наследственные формы мухи дрозофилы:

1 — серое тело, нормальные крылья; 2 — черное тело, рудиментарные крылья; 3 — серое тело, рудиментарные крылья; 4 — черное тело, нормальные крылья. Обе последние формы — результат перекомбинации признаков родительских форм вследствие перекреста хромосом.

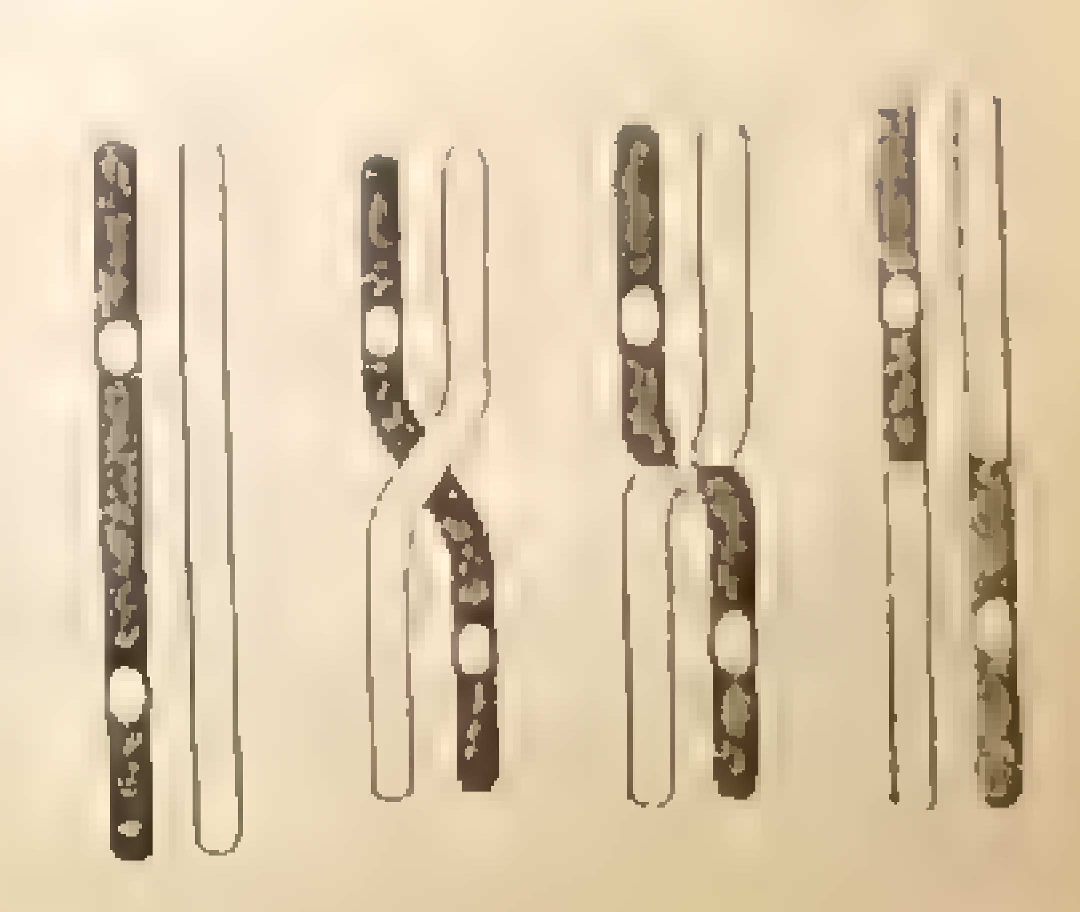


Рис. 128. Схема перекреста хромосом.

Два гена, расположенные в одной хромосоме (светлые круги на фоне темного тела хромосомы), в результате перекреста оказываются в разных гомологичных хромосомах.

плодовита, каждые 20—25 дней дает новое поколение, обладает многочисленными и разнообразными наследственными изменениями, имеет небольшое число хромосом (в диплоидном наборе — 8).

Многочисленные опыты показали, что гены, локализованные в одной хромосоме, оказываются сцепленными, т. е. наследуются преимущественно вместе, не обнаруживая независимого распределения по второму закону Менделя. Рассмотрим конкретный пример. Если скрестить дрозофилу с серым телом и нормальными крыльями с мушкой, обладающей темной окраской тела и укороченными крыльями, то в первом поколении гибридов все мушки будут серыми с нормальными крыльями. При скрещивании гибридов между собой во втором поколении не произойдет независимого распределения признаков по двум аллелям («серое тело — темное тело» и «нормальные крылья — укороченные крылья») по формуле $(3 : 1)^2$ (см. стр. 229).

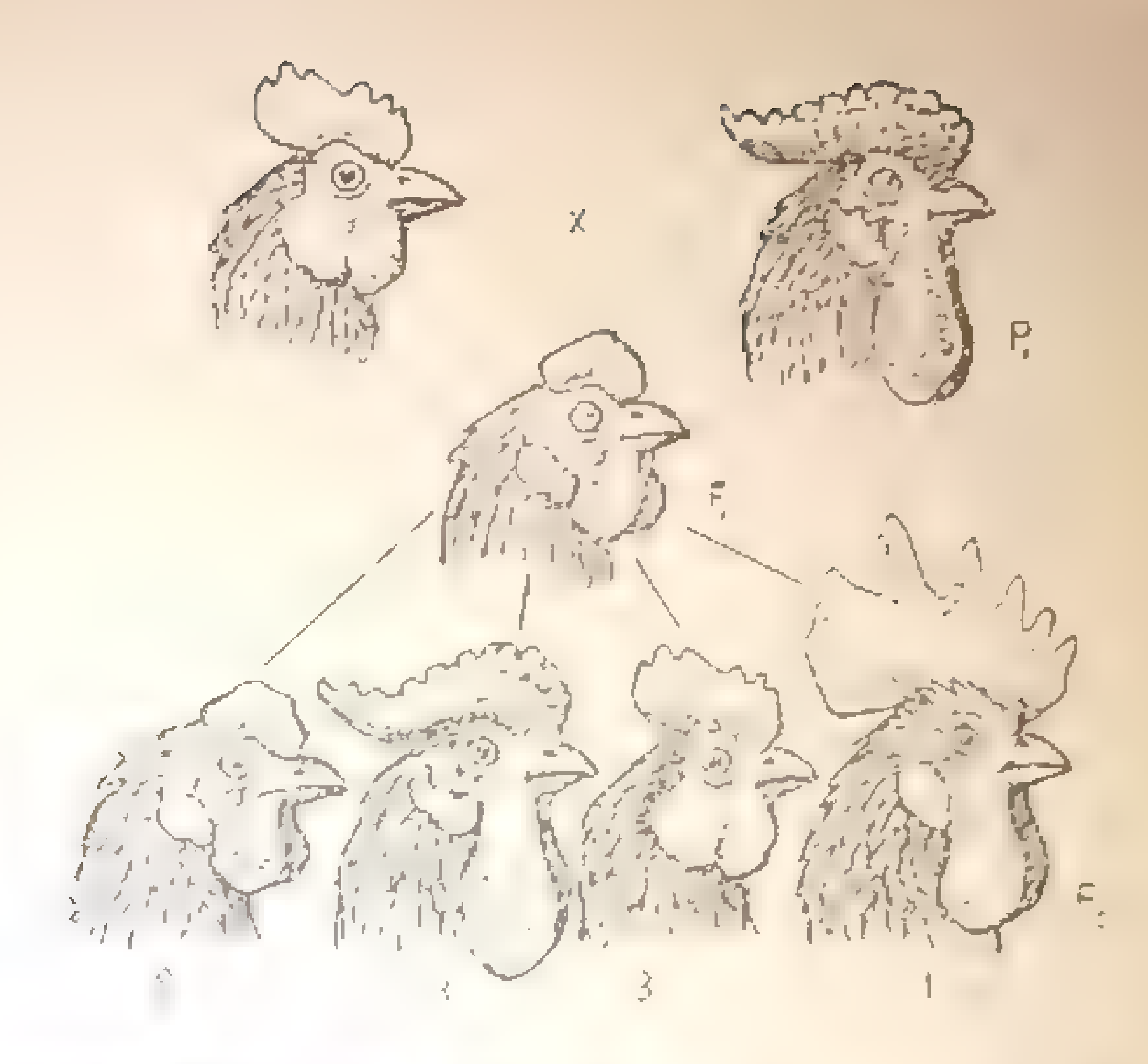
Среди особей второго поколения гораздо чаще, чем это можно было бы ожидать при независимом распределении признаков, будут встречаться мушки с серым телом и нормальными крыльями и мушки с темным телом и недоразвитыми крыльями. Лишь у очень небольшого числа мушек произойдет перекомбинация родительских признаков и получатся мушки с серым телом и недоразвитыми крыльями и темные с нормальными крыльями (рис. 127). Мы видим на этом примере, что гены, обусловливающие признаки «серое тело — нормальные крылья» и «темное тело — недоразвитые крылья», наследуются преимущественно вместе, или, иначе говоря, оказываются сцепленными между собой. Это сцепление зависит от локализации генов в одной и той же хромосоме. Поэтому при мейозе эти гены не расходятся, не отделяются друг от друга, а наследуются вместе. *Явление сцепления генов, локализованных в одной хромосоме, известно под названием закона Моргана.*

Почему же все-таки среди гибридов второго поколения появляется небольшое число особей с перекомбинацией родительских признаков? Почему сцепление генов не является абсолютным? Исследования показали, что эта перекомбинация генов обусловлена тем, что в процессе мейоза при конъюгации гомологичных хромосом (стр. 206) они в известном проценте случаев обмениваются своими участками, или, иначе говоря, между ними происходит *перекрест* (рис. 128). Ясно, что при этом гены, локализованные первоначально в одной хромосоме, окажутся в разных хромосомах, между ними произойдет перекомбинация. В настоящее время явление сцепления генов исследовано на многих объектах. Среди растений особенно полно изучены в этом отношении кукуруза, томаты, посевной горох.

§ 56. Взаимодействие генов

Взаимодействие генов. Новообразования при скрещивании. В рассмотренных выше примерах имело место относительно независимое проявление действия генов. Доминантный ген желтой окраски семян гороха вызывает развитие этого признака как в присутствии доминант-

Рис. 129. Результаты скрещивания у кур с гороховидным (верхний слева) и розовидным (верхний справа) гребнем.



ного гена гладкой формы семян, так и при наличии аллельного ему рецессивного гена морщинистой формы семян. У морских свинок ген черной или белой окраски действует независимо от генов, определяющих характер волосяного покрова. На основании знакомства с этими примерами может сложиться впечатление, что генотип организма слагается из суммы отдельных, независимо действующих генов. Такое представление неправильно. Хотя в некоторых случаях действие генов, принадлежащих к разным аллелям, относительно независимо, но чаще между ними осуществляются разные формы взаимодействия. Развитие того или иного признака организма обычно находится под контролем многих генов.

У разных пород кур имеются разнообразные формы гребня. На рисунке 129 изображены четыре типа формы гребня: гороховидный, розовидный, ореховидный и простой. При скрещивании между собой гомозиготных птиц с розовидным и простым гребнем признак розовидного гребня оказывается доминантным. Первое поколение гибридов будет иметь розовидный гребень, а в F_2 произойдет расщепление в отношении 3 : 1 (три розовидных, один простой).

Аналогичный результат получается при скрещивании птиц с гороховидным и простым гребнем. В F_1 будет доминировать гороховидный гребень, а в F_2 происходит расщепление в отношении три гороховидных, один простой. Ну а как будут выглядеть гибриды, если скрестить между собой птиц с гороховидным и розовидным гребнем, т. е. с двумя разными, неаллельными доминантными признаками? Опыт показывает (рис. 129), что при этом все потомство в F_1 будет иметь совершенно новую форму гребня — ореховидную. При скрещивании этих гибридов между собой расщепление в F_2 пойдет по дигибридной схеме, а именно: 9 ореховидных, 3 розовидных, 3 гороховидных, 1 простой. Если мы сопоставим этот результат с уже известным нам ходом

[illegible]гибридного расщепления у горохов и морских свинок, то придем к заключению, что ореховидный гребень развивается в том случае, когда в зиготе присутствуют одновременно два доминантных гена. Следовательно, простой гребень — результат взаимодействия двух рецессивных генов. Обозначим аллель, доминантный ген которой вызывает развитие гороховидного гребня, латинскими буквами $P - p$, а аллель розовидного гребня как $R - r$. Предположим, что для скрещивания взяты гомозиготные родители. Тогда [illegible] скрещивания можно написать следующим образом:

P	PPrr	×	ppRR	
Гаметы	Pr		pR	
F_1	PpRr	×	PpRr	
Гаметы				
	PR	Pr	pR	pr
PR	PPRR орех.	PPRr орех.	PpRR орех.	PpRr орех.
Pr	PPRr орех.	PPrr горох	PpRr орех.	Pprr горох.
pR	PpRR орех.	PpRr орех.	ppRR розов.	ppRr розов.
pr	PpRr орех.	Pprr горох.	ppRr розов.	pprr простой

Явление взаимодействия неаллельных генов распространено очень широко. Развитие большинства признаков [illegible] контролем не одного, а нескольких, [illegible]. Например, серая окраска грызунов (мыши, кролики) [illegible] неаллельными генами. Всем хорошо известно, как разнообразна окраска разных пород кроликов (серые, шиншиллы, горностаевые, белые и многие другие). Генетический анализ этих признаков проведен очень полно. Это позволяет, зная [illegible] предсказывать результаты скрещивания и [illegible] многочисленные новообразования.

Множественное действие генов. На рассмотренных [illegible] примерах было показано, что большинство наследственных признаков организма находится под контролем не одного, а многих генов. Наряду с этим имеет место и другое явление. Во многих случаях ген оказывает свое действие не на один, а на ряд признаков организма. При этом особенно отчетливо выступает одна сторона действия гена, по которой его обычно и называют. Приведем примеры. У большинства растений с красными цветками (наследственный признак) в стеблях (особенно в междоузлиях) тоже имеется красный пигмент. У растений с белыми цветками стебли чисто зеленые. У растения водосбора ген, обусловливающий красную окраску цветка, имеет

множественное действие. Он определяет фиолетовый оттенок листьев, удлинение стебля и больший вес семян. Множество аналогичных примеров можно привести и из животного мира. Ограничимся только одним. У излюбленного объекта генетических исследований — плодовой мушки дрозофилы, генотип которой изучен очень полно, ген, определяющий отсутствие пигмента в глазах, вместе с тем снижает плодовитость, влияет на окраску некоторых внутренних органов и уменьшает продолжительность жизни.

Накопившийся в настоящее время в генетике обширный материал по изучению наследственности у самых различных растений, животных, микроорганизмов говорит о том, что множественное действие гена — широко распространенное явление, в большей или меньшей степени свойственное, может быть, всем генам.

Приве[illegible] взаимодействия генов и их [illegible], позволяют нам значительно углубить [illegible] о природе наследственной основы организмов — [illegible] расщепления в потомстве гибридов позволяет [illegible] из отдельных элементов, которые [illegible] отделяться друг от друга и наследоваться [illegible] закон Менделя). Наряду с прерывистым [illegible] целостностью и не может рассматривать[illegible] механическая сумма отдельных генов. Эта целостность [illegible] прежде всего в том, что отдельные компоненты [illegible] в тесном взаимодействии друг с другом. Развит[illegible] организма определяется взаимодействием множества [illegible] стороны, каждый ген обладает множественным действием, [illegible] влияние на развитие не одного, а многих признаков организма. Генотип организма связан с определенными структурами [illegible] хромосомным аппаратом. К вопросу о материальной [illegible] генотипа мы еще вернемся ниже.

Вопросы и задания

1. При [illegible] независимых генов осуществляется второй закон Менделя [illegible] 2. Разберите [illegible] Моргана [illegible] 3. Какие факты доказывают, что [illegible] независимых единиц — генов? 4. В результате [illegible] сцепление генов?

§ 57. Генетика пола

Хорошо известно, что у раздельнополых организмов (в том числе и у человека) соотношение полов обычно составляет 1 : 1. Какие причины определяют пол развивающегося организма? Вопрос этот издавна интересовал человечество ввиду его большого теоретического и практического значения. Однако лишь в XX столетии благодаря успехам генетики и цитологии его удалось разрешить.

Хромосомный комплекс самцов и самок у большинства раздельнополых организмов неодинаков. Познакомимся с этими различиями на примере набора хромосом у дрозофилы. На рисунке 130 изображены хромосомные комплексы самца и самки, они не вполне одинаковы. По трем парам хромосом самцы и самки не отличаются друг от друга. Но в отношении одной пары имеются существенные различия. У самки присутствуют две одинаковые (парные) палочковидные хромосомы, у самца же имеется только одна такая хромосома, пару которой составляет особая двуплечая хромосома. Те хромосомы, в отношении которых между самцами и самками нет различий, носят название а у т о с о м. **Х р о м о с о м ы, п о к о т о р ы м с а м ц ы и с а м к и о т л и ч а ю т с я д р у г о т д р у г а, н а з ы в а ю т с я п о л о в ы м и.** Таким образом, хромосомный комплекс дрозофилы слагается из шести аутосом и двух половых хромосом. Половая палочковидная хромосома, присутствующая у самки в двойном числе, а у самца в единичном, называется X-хромосомой. Вторая половая (двуплечая) хромосома самца (отсутствующая у самки) — Y-хромосомой.

Каким же образом рассмотренные половые различия в хромосомных комплексах самцов и самок поддерживаются в процессе размножения? Для ответа на этот вопрос необходимо выяснить поведение хромосом в мейозе и при оплодотворении. Сущность этого процесса представлена на рисунке 131. При созревании половых клеток у самки каждая яйцеклетка в результате мейоза получает гаплоидный комплект из четырех хромосом, и в том числе по одной X-хромосоме. При мейозе у самца образуются сперматозоиды двух сортов. Во всех сперматозоидах имеется по три аутосомы. Половые хромосомы расходятся к противоположным полюсам веретена. Таким образом, X-хромосома отходит к одному полюсу, а Y-хромосома — к противоположному. Благодаря этому у самцов в равных количествах образуются сперматозоиды двух сортов. Одни несут три аутосомы и X-хромосому, другие — три аутосомы и Y-хромосому. При оплодотворении равновероятны две комбинации. Яйцеклетка может быть оплодотворена спермием с

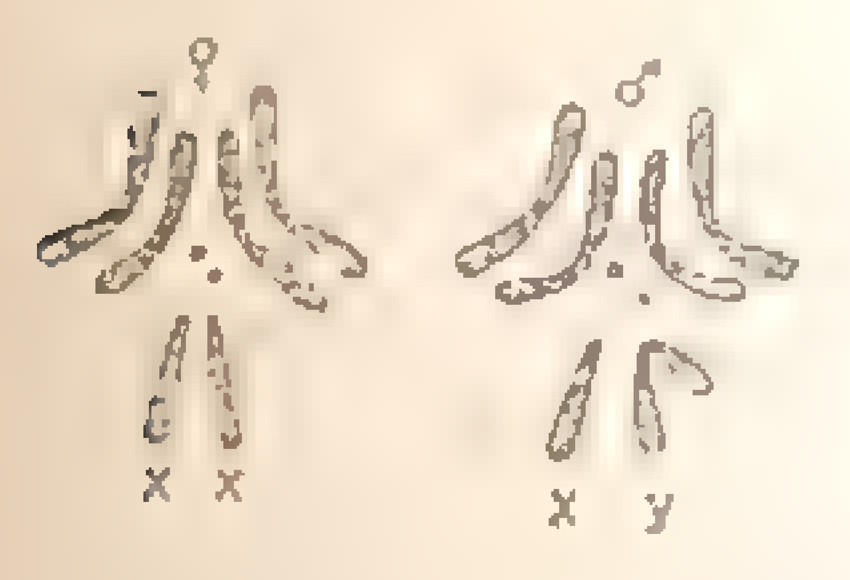


Рис. 130. Хромосомные комплексы самки (слева) и самца дрозофилы.

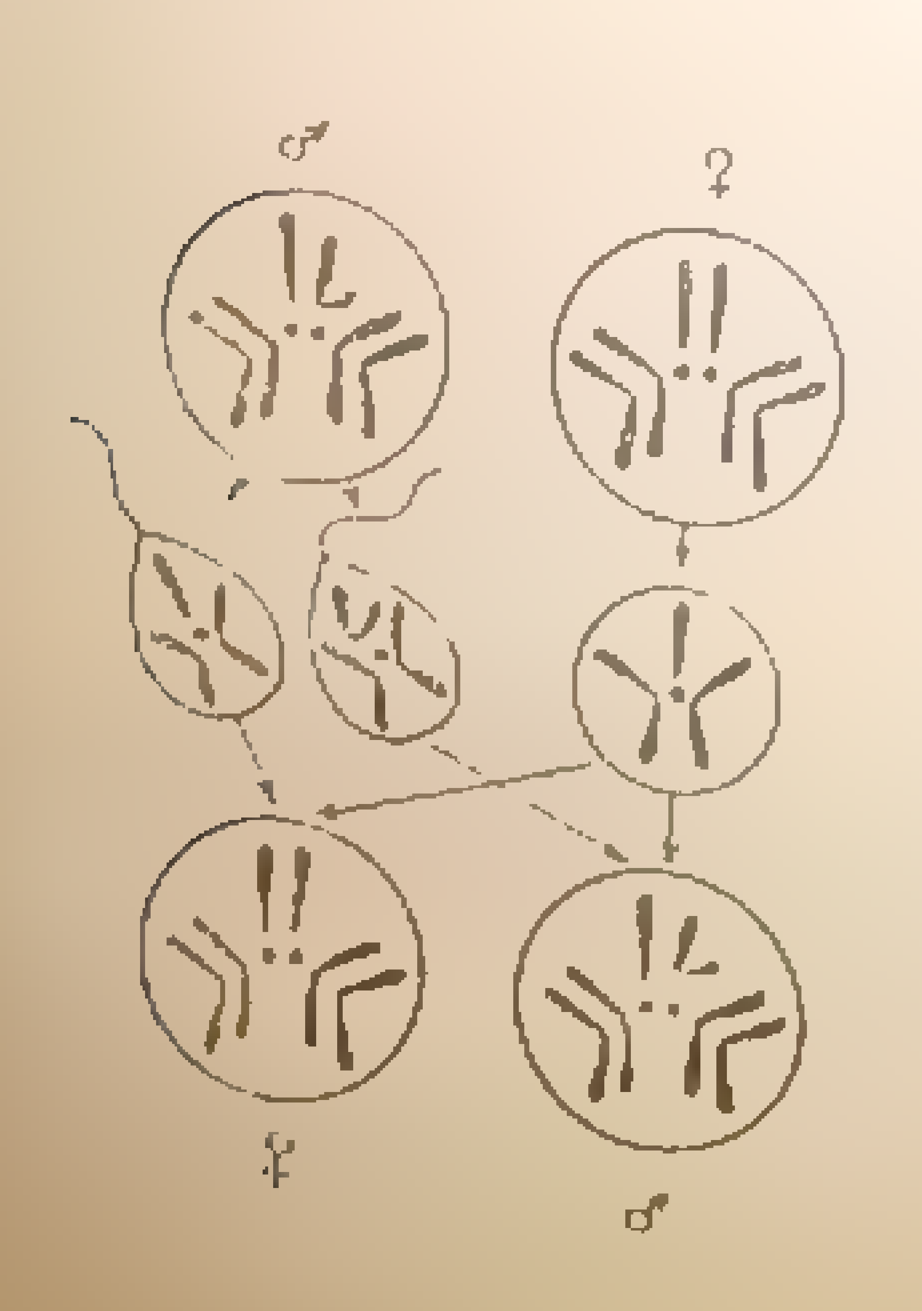


Рис. 131. Механизм определения пола у дрозофилы. У самца образуются гаметы двух категорий: одни несут в гаплоидном наборе X-хромосому, другие — Y-хромосому.

X- или Y-хромосомой. В первом случае из оплодотворенного яйца разовьется самка, во втором — самец. Таким образом, *пол организма определяется в момент оплодотворения и зависит от хромосомного комплекса зиготы.*

У человека хромосомный механизм определения пола тот же, что и у дрозофилы. Диплоидное число хромосом человека — 46. В это число входят 22 пары аутосом (одинаковые у мужчин и женщин) и две половые хромосомы. У женщин это две X-хромосомы, у мужчин — одна X- и одна Y-хромосома (рис. 132). Соответственно у мужчин образуются сперматозоиды двух сортов: с X- и Y-хромосомами.

Рис. 132. Хромосомный комплекс мужчины (сверху) и женщины (снизу). У мужчины видны X- и Y-хромосомы, у женщины — две X-хромосомы.

У некоторых раздельнополых организмов (например, насекомых) Y-хромосома вообще отсутствует. В этих случаях у самца оказывается на одну хромосому меньше (вместо X и Y у него имеется одна X-хромосома). Тогда при формировании мужских гамет в процессе мейоза X-хромосома не имеет партнера для конъюгации и отходит в одну из клеток. В результате половина всех сперматозоидов имеет X-хромосому, а другая половина лишена ее. При оплодотворении яйца спермием с X-хромосомой получается комплекс с двумя X-хромосомами, и из такого яйца развивается самка. Если яйцеклетка будет оплодотворена спермием без X-хромосомы, то разовьется организм с одной X-хромосомой (полученной через яйцеклетку от самки), который будет самцом.

Во всех рассмотренных выше примерах развиваются спермии двух категорий: либо с X- и Y-хромосомами (дрозофила, человек), либо половина спермиев несет X-хромосому, а другая совсем лишена половой хромосомы. Яйцеклетки же в отношении половых хромосом все одинаковы. Во всех этих случаях мы имеем мужскую гетерогаметность (разногаметность). Женский же пол гомогаметен (равногаметен). Наряду с этим в природе встречается и другой тип определения пола, характеризующийся женской гетерогаметностью. Здесь имеют место отношения как раз обратные только что рассмотренным. Разные половые хромосомы или только одна X-хромосома свойственны женскому полу. Мужской пол обладает парой одинаковых X-хромосом. Очевидно, что в этих случаях будет иметь место женская гетерогаметность. После мейоза образуются яйцевые клетки двух сортов, тогда как в отношении хромосомного комплекса все спермии одинаковы (все несут одну X-хромосому). Следовательно, пол зародыша будет определяться тем, какое яйцо (с X- или Y-хромосомой) будет оплодотворено.

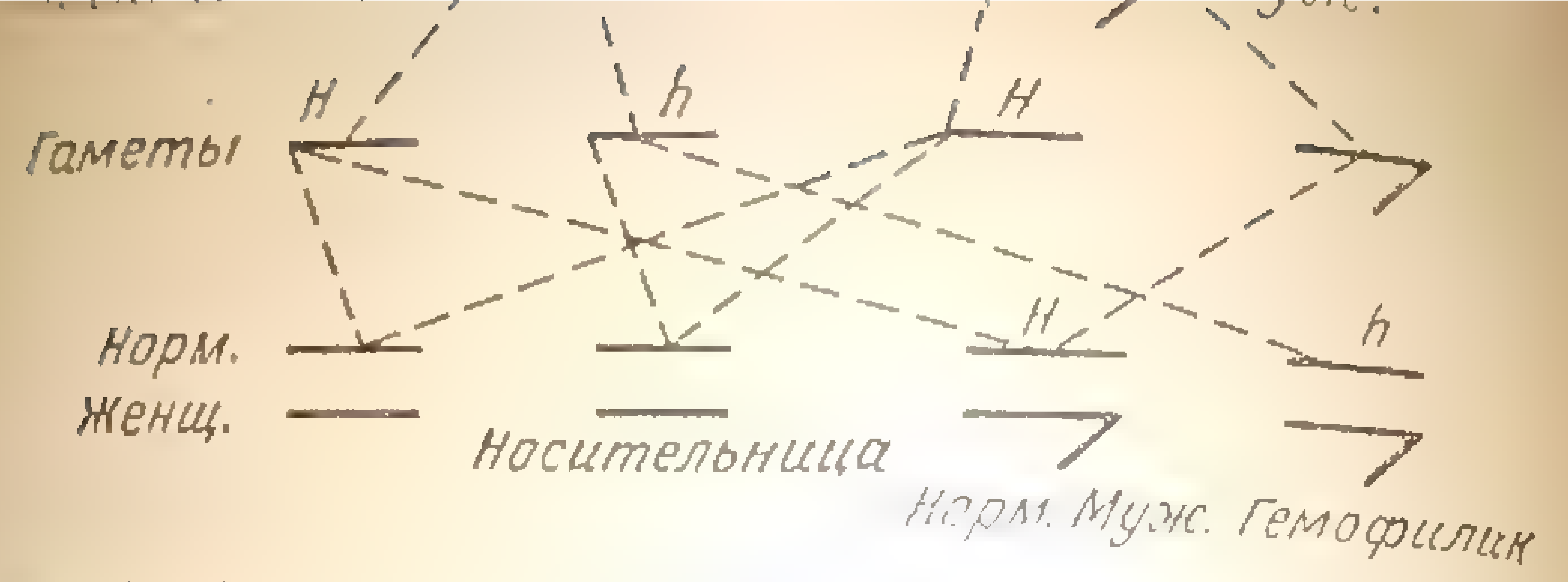


Рис. 133. Схема наследования гемофилии

Женская гетерогаметность имеет место у некоторых насекомых, а именно у бабочек. Среди позвоночных животных она характерна для птиц и пресмыкающихся.

Сцепленная с полом наследственность. В[illegible]х выше различных приме-
рах хода расщепления мы не учитывали, от [illegible] получает тот или иной ген—
от самца или от самки. Никаких различий [illegible] не наблюдается. Это впол-
не понятно, ибо гаметы как мужские, так [illegible] гаплоидные комплексы
хромосом, которые, объединяясь при о[illegible] дают диплоидный комплекс
зиготы. Сказанное вполне справедливо [illegible] аутосом. В отношении же по-
ловых хромосом дело, как мы только что видели, [illegible] иначе. Гетерогаметный пол
(у человека, например, мужской пол) получает X-хромосому только от гомогамет-
ного пола, и она присутствует у него в единственном числе. Например, все мужчины
имеют только материнскую X-хромосому, тогда как женщины получают по одной
X-хромосоме и от отца и от матери. Очевидно, что в отношении генов, локализующих-
ся в X-хромосомах, наследование будет осуществляться несколько иначе, чем в отно-
шении генов, локализованных в аутосомах. Рассмотрим несколько примеров, пояс-
няющих особенности наследования через X-хромосому. Человеку свойственно тяже-
лое наследственное заболевание — гемофилия, одним из проявлений которой явля-
ется несвертываемость крови. Малейшая рана у гемофилика может иметь
тяжелые последствия. Болеют гемофилией только мужчины. Гемофилия воз-
никла как рецессивное наследственное изменение в X-хромосоме. Обычно носителями
гемофилии являются внешне совершенно здоровые (по фенотипу) женщины, одна
из X-хромосом которых несет ген гемофилии. Однако фенотипически он не проявляет-
ся, так как подавляется аллельным ему доминантным геном, обусловливающим нор-
мальную свертываемость крови. Такая женщина-«носительница» передает гемофилию
половине своих сыновей—тем, кому попадает X-хромосома, несущая рецессивный
ген гемофилии. Так как у мужчины X-хромосома присутствует в единственном числе
у доминантного аллельного гена, доминирующего над геном гемофилии, гемо-
филия проявится фенотипически. Все эти отношения можно легко понять, разобрав-
шись в прилагаемой схеме (рис. 133). Вероятность заболевания гемофилией женщины
ничтожно мала. Это может произойти в случае брака гетерозиготной по гемофилии
женщины с больным гемофилией мужчиной. Можно говорить, что гемофилия —
признак, сцепленный с полом. По такой же точно схеме у человека наследуется и даль-
тонизм (неспособность различать красный цвет).

Не вдаваясь в разбор других случаев сцепленной с полом наследственности, укажем, что таких признаков известно довольно много у домашних животных и птиц.

Вопросы и задания

1. У плодовой мушки дрозофилы белоглазость определяется рецессивным геном, локализованным в X-хромосоме. Как пойдет расщепление в F_1, если скрестить белоглазую самку с красноглазым самцом? Если скрестить между собою гибриды первого поколения? 2. Как пойдет наследование цвета глаз в F_1 и F_2, если скрестить красноглазую гомозиготную самку дрозофилы с белоглазым самцом? 3. Отец страдает гемофилией. Мать здорова. Сын — гемофилик. Подумайте, правильно ли будет сказать в данном случае, что сын унаследовал гемофилию от отца?

Глава X

Закономерности изменчивости

Развитие фенотипа организма определяется взаимодействием его наследственной основы — генотипа с условиями внешней среды. При одном и том же генотипе, но при разных условиях развития признаки организма могут существенно различаться.

§ 58. Модификационная изменчивость

Различные признаки организма неодинаково реагируют на изменение внешних условий. Одни из них очень пластичны и изменчивы, другие менее изменчивы, наконец, третьи лишь в очень малой степени изменяются под влиянием условий среды. У рогатого скота удой во многом зависит от кормления и ухода. Хорошо известно, что удой можно значительно повысить подбором в нужных количествах кормов и улучшением кормления и содержания. В меньшей степени, чем количество молока, зависит его жирномолочность. Процент жира в молоке — довольно постоянное свойство породы, хотя изменением пищевого рациона его тоже удается несколько изменить. Гораздо более постоянным признаком является масть. При самых различных условиях она почти не изменяется. Не следует, однако, думать, что окраска шерсти совсем не зависит от условий развития. У некоторых млекопитающих на окраску шерсти влияет температура окружающей среды. Например, порода горностаевых кроликов характеризуется тем, что при обычных условиях большая часть шерсти кролика белая, черная шерсть развивается лишь на ушах, лапах и хвосте. Если выбрать или выщипать шерсть на спине, то при положительных температурах опять вырастает белая шерсть. Но если кролика держать при низкой температуре (около 0°), то вместо белой вырастет черная шерсть. Можно сказать, что наследственной в данном примере является способность развивать белую шерсть на спине при высоких температурах и черную — при низких.

Норма реакции. Таким образом, у организмов проявление действия генов и генотипа в целом зависит от условий среды. Эта форма изменчивости, не связанная с изменением генотипа, носит название модификационной. Пределы модификационной изменчивости для разных признаков и при разных условиях, как это показано на рассмотренных примерах, могут быть очень различными. Пределы мо-

дификационной изменчивости признака называют его нормой реакции. Одни признаки (например, молочность) обладают очень широкой нормой реакции, другие (окраска шерсти) — гораздо более узкой.

На основе только что рассмотренных фактов мы можем углубить представление о сущности явления наследственности. *Наследуется не признак, как таковой, а способность организма (его генотипа) в результате взаимодействия с условиями развития давать определенный фенотип.* Не существует, например, наследственного признака какой-либо породы рогатого скота давать 4000 кг молока в год. Этот признак выявляется лишь при определенном режиме кормления и содержания.

Широкая норма реакции (широкая приспособляемость) в природных условиях может иметь большое значение для сохранения и процветания вида. Однако отклонения, вызванные внешними условиями, не изменяют генотипа, они лежат в пределах нормы его реакции.

Управление доминированием. Доминантный и рецессивный признаки определяются прежде всего особенностями гена и его влиянием на развитие признака. Поскольку, однако, фенотип всегда зависит от двух начал: генотипа и условий развития, то можно ожидать, что, меняя условия развития, можно воздействовать и на характер доминирования признака у гибридов. Создавая определенные условия среды, можно в широких пределах направлять действие генов в желательную для человека сторону. Наиболее полно вопрос о возможности управления доминированием и направлением индивидуального развития организма был разработан на плодово-ягодных растениях И. В. Мичуриным. Мичурин установил важную закономерность доминирования признаков у гибридов. На ряде примеров по гибридизации плодовых деревьев он показал, что у гибридов *преимущественно доминируют те признаки, которые в окружающей среде встречают наиболее благоприятные условия для своего развития.* Проводя, например, многочисленные скрещивания западноевропейских и американских сортов плодовых деревьев (из стран с мягким климатом) с местными сортами из Тамбовской области (с суровым континентальным климатом), Мичурин выращивал гибриды не в оранжереях, а в условиях открытого грунта. В этих условиях проявлялось доминирование признаков высокой зимостойкости, свойственной местным сортам.

Статистические закономерности модификационной изменчивости. В течение всей жизни, от момента оплодотворения и до самой смерти, организмы подвергаются действию самых разнообразных условий среды. Нельзя представить себе двух растений одного вида, произрастающих, например, на лугу или в лесу, условия жизни которых были бы совершенно одинаковы. Поскольку эти условия никогда не бывают совершенно сходными, фенотипы разных особей тоже не вполне тождественны. Если мы измерим длину и ширину листьев, взятых с одного дерева, то увидим, что размеры их варьируют в довольно широких пределах (рис. 134). Эта изменчивость — результат разных ус-

ловий развития листьев на ветвях дерева; генотип их одинаков, поскольку они органы одного растения. Если некоторое количество листьев расположить в порядке нарастания или убывания признака (например, длины), как это изображено на рисунке 134, то получится ряд и з м е н ч и в о с т и д а н н о г о п р и з н а к а, к о т о р ы й н о с и т н а з в а н и е в а р и а ц и о н н о г о р я д а. Этот ряд слагается, как мы видим, из отдельных вариант.

Каково число отдельных вариант в вариационном ряду, или, другими словами, как часто встречаются отдельные члены вариационного ряда? Если мы подсчитаем число отдельных вариант в вариационном ряду, то увидим, что частота встречаемости их неодинакова. Чаще всего будут встречаться средние члены вариационного ряда, а к обоим концам ряда частота встречаемости будет закономерно снижаться.

Рассмотрим это на примере изменчивости числа колосков в колосе пшеницы. Подсчитывая число колосков в разных колосьях, устанавливаем, что это число варьирует от 14 до 20. Возьмем, не выбирая, подряд 100 колосьев и определим частоту встречаемости разных вариант. Мы увидим, что чаще всего встречаются колосья со средним числом

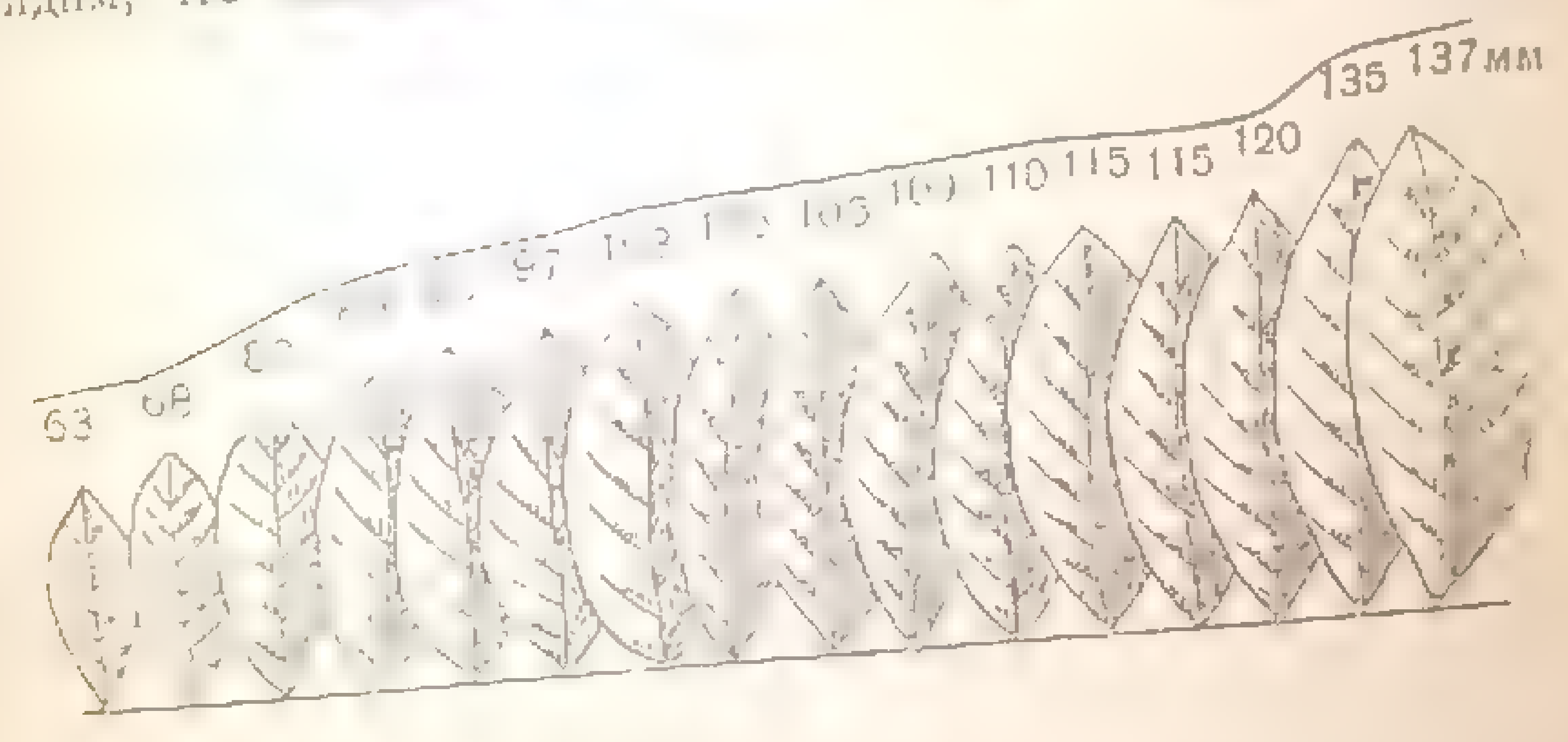


Рис. 134. Вариационный ряд листьев лавровишни.

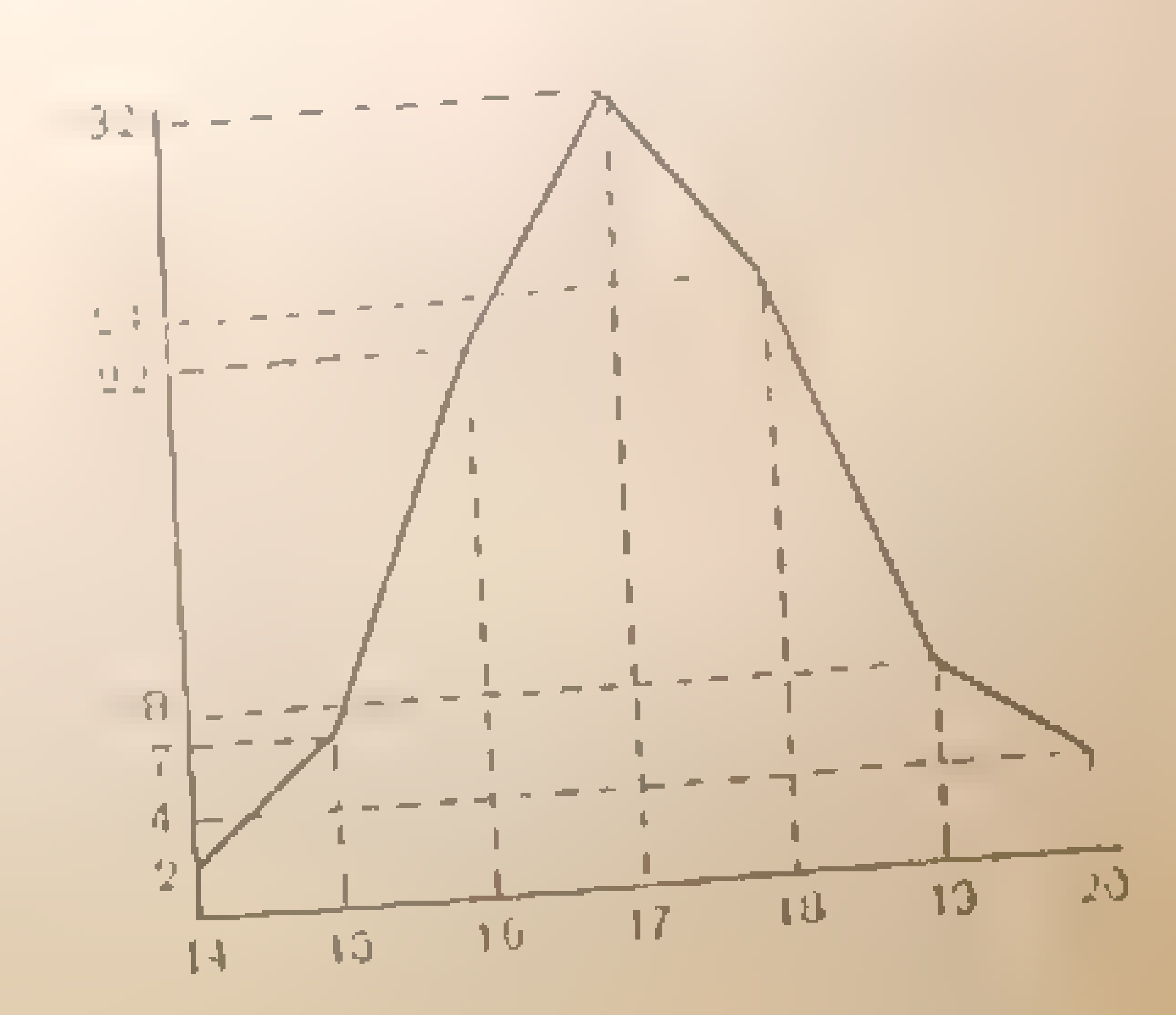


Рис. 135. Вариационная кривая числа пар колосков в колосе пшеницы.
По оси абсцисс — варианты, по оси ординат — частота встречаемости.

колосков (16—18), реже — с большим или меньшим числом их. Вот результат одного из таких подсчетов:

число колосков в колосе	14	15	16	17	18	19	20
количество колосьев	2	7	22	32	24	8	5

Верхний ряд цифр — выписанные в ряд варианты от наименьшей к наибольшей. Нижний ряд — частота встречаемости каждой варианты. Если сложить ряд нижних цифр, мы получим 100, что и соответствует числу отдельных наблюдений. Распределение вариант в вариационном ряду можно выразить наглядно на графике, который построим следующим образом. По горизонтали (на оси абсцисс) отложим на одинаковых расстояниях отдельные варианты в нарастающем порядке (рис. 135). На оси ординат нанесем числа, соответствующие частоте встречаемости каждой варианты в произвольно выбранном масштабе. На горизонтальной оси восставим перпендикуляры до уровня, соответствующего частоте встречаемости каждой варианты. Точки пересечения перпендикуляров с линиями, соответствующими частоте встречаемости вариант, соединим прямыми. Получим кривую, которая выражает изменчивость числа колосков в колосе пшеницы. Наиболее высокая точка кривой изменчивости соответствует варианте с наибольшей частотой встречаемости. Графическое выражение изменчивости признака, отражающее как размах вариаций признака, так и частоту встречаемости отдельных вариант, называют вариационной кривой. Для большинства признаков организмов можно получить кривые изменчивости, аналогичные только что рассмотренной.

Какими же биологическими причинами объясняется такое распределение вариант в вариационном ряду? Причина этого — внешняя среда и воздействие ее на организм. С самого начала жизни, в течение всего периода развития и до самой смерти каждый организм подвергается действию самых различных факторов среды. Среди семян пшеницы, высеянных на поле, нельзя найти два семени, развитие которых протекало бы в совершенно одинаковых условиях. Глубина заделки в почву, физические свойства почвы, взаимодействие и конкуренция с соседними растениями, увлажнение, освещенность и т. п. — все это варьирует в различных направлениях и отражается на развитии фенотипа. Для того чтобы получить крайнее (наиболее выраженное или наиболее слабое) развитие признака, нужно, чтобы все эти многочисленные факторы среды действовали примерно в одном направлении. Чтобы получить большой колос с многими колосками, нужно, чтобы вся сумма факторов оказалась наиболее благоприятной из всех возможных сочетаний условий среды. На самом деле большинство растений испытывает воздействия различного характера. Одни благоприятствуют развитию признака, другие задерживают его. При этом фенотип их оказывается где-то среди средних вариант вариационного ряда. Чем больше стандартизированы условия развития, тем меньше выражена модификационная изменчивость, тем короче будет вариационный ряд. Чем разнообразнее условия среды, тем шире моди-

фикационная изменчивость. Размах вариаций зависит и от генотипа. *Признаки с широкой нормой реакции дают широкий размах изменчивости, а признаки с узкой нормой реакции — незначительный размах.*

Чтобы дать объективную характеристику изменчивого признака, недостаточно ограничиться изучением одной или немногих особей. Нужно установить размах изменчивости и построить вариационную кривую. Выражением развития признака является его средняя величина. Она вычисляется как средняя арифметическая всего вариационного ряда. Численное выражение признака для каждой варианты умножают на число вариант. Все эти произведения складывают и затем делят на общее число вариант. Это может быть выражено следующей формулой: $M = \frac{\Sigma (v \cdot p)}{n}$, где M — средняя величина, v — варианта, p — частота встречаемости варианты, Σ — знак суммирования и n — общее число вариант вариационного ряда. Вычислим по этой формуле среднюю величину для приведенного выше вариационного ряда число колосков [illegible]. Умножим каждую варианту на частоту ее встречаемости. Это составит: $14 \times 2 = 28$, $15 \times 7 = 105$, $16 \times 22 = 352$, $17 \times 32 = 544$, $18 \times 24 = 432$, $19 \times 8 = 152$; $20 \times 5 = 100$. Далее складываем все эти произведения, что дает в данном случае 1713. Разделив эту сумму на общее число вариант ряда, которое равняется 100, получаем среднюю величину, равную 17,13.

§ 59. Мутационная изменчивость

Разнообразные формы и проявления модификационной изменчивости не затрагивают генотипа организма. Наряду с модификациями существует другая **форма изменчивости, меняющая генотип**. Эту форму изменчивости называют генотипической или **мутационной**, а отдельные изменения — **мутациями**.

Существование наследственных изменений было известно Ч. Дарвину. Как мы видели выше, вся его теория эволюции вытекает из учения о естественном отборе наследственных изменений. Наследственная изменчивость — необходимая предпосылка естественного и искусственного отбора. Однако во времена Дарвина еще отсутствовали опытные данные по наследственности и законы наследования не были известны. Это не давало возможности строго различать разные формы изменчивости в зависимости от наследования. Научная разработка вопроса о формах изменчивости относится к концу XIX и началу XX века.

Понятие мутаций было введено в науку голландским ботаником де Фризом. У растения ослинник (энотера) он наблюдал появление резких скачкообразных отклонений от типичной формы растения, причем эти отклонения оказались наследственными (рис. 136). Дальнейшие исследования на различных объектах — растениях, животных, микроорганизмах—показали, что явление наследственной (мутационной) изменчивости свойственно всем организмам. Мутации затрагивают разнообразные стороны строения и функции организма. Например, у дрозо-



Рис. 136. Мутации ослинника (энотеры), слева — нормальная; справа — карликовая форма.

филы (рис. 137) известны мутационные изменения формы крыльев (вплоть до полного их исчезновения), окраски тела, развития щетинок на теле, формы глаз, их окраски (красные, желтые, белые, вишневого цвета и т. п.), а также многих физиологических признаков (продолжительность жизни, плодовитость, стойкость к разным повреждающим воздействиям и т. п.). Первоначальные представления де Фриза о том, что мутации всегда крупные наследственные изменения, дальнейшими исследованиями не подтвердились. Наряду с резкими отклонениями гораздо чаще встречаются небольшие мутации, лишь немногим отличающиеся от исходных форм. Тем не менее указанный еще де Фризом признак мутаций — их скачкообразный характер и наследственность — остается в силе. Мутации совершаются в различных направлениях, и обычно они не являются приспособительными, полезными для организма изменениями.

Существуют и такие наследственные изменения, которые в гомозиготном состоянии вызывают гибель (такие мутации называются летальными).

Генные мутации. Различают несколько типов мутаций по характеру изменений хромосомного аппарата. Наиболее распространенными являются мутации, не связанные с видимыми в микроскоп изменениями строения хромосом. Такие мутации *представляют собой качественные изменения отдельных генов и носят название генных мутаций.* На основании исследований, проведенных главным образом на микроорганизмах за последнее время, установлено, что такие мутации связаны с преобразованием химической структуры ДНК, входящей в состав хромосом. Последовательность оснований определяет состав образующейся на ДНК РНК, а она в свою очередь обусловливает последовательность аминокислот при синтезе белковой молекулы (стр. 171). Химическая основа генных мутаций заключается в изменении расположения нуклеотидов в цепочке ДНК.

Хромосомные мутации. Наряду с генными известен ряд других мутаций, связанных с видимыми преобразованиями хромосом, которые доступны непосредственному микроскопическому изучению.

К числу таких изменений относится, например, переход части одной хромосомы на другую, ей не гомологичную, поворот участка внутри хромосомы на 180° и ряд других структурных изменений отдельных хромосом.



Рис. 137. Разл[illegible]

Особую группу мутаций представляют собою изменения числа хромосом. Эти мутации сводятся к появлению лишних или утере некоторых хромосом. Такого рода изменения в хромосомном состав[illegible] при нарушении в силу каких-либо причин нормального [illegible] мейоза, когда вместо нормального распределения хромосом [illegible] полюсами ахроматинового веретена и затем дочерними клетками [illegible] хромосомы отходят к одному полюсу. Обычно [illegible] нарушения оказываются неблагоприятными, снижающими жизнеспособность.

Особый тип [illegible] изменений представляет собой явление полиплоидии, которое выражается в кратном увеличении числа хромосом. Возникновение полиплоидов обычно связано с нарушением процесса митоза или мейоза. Эти нарушения сводятся к тому, что хромосомы проделывают нормальный митотический цикл, а веретено деления, служащее для «растаскивания» хромосом к противоположным полюсам, не функционирует. В результате хромосомы не расходятся к полюсам и не образуют дочерних ядер, а остаются в том же ядре. Если этот процесс имеет место в соматической клетке с диплоидным набором хромосом, то сразу возникает клетка с [illegible] ным диплоидным набором (такие клетки называются тетраплоидными). Они имеют, следовательно, вместо двух гаплоидных наборов четыре (4 n). Если это наблюдается при мейозе, то конъюгирующие гомологичные хромосомы не расходятся к противоположным полюсам и возникают диплоидные гаметы. Если такая гамета при оплодотворении сольется с нормальной гаплоидной, то возникает триплоидная зигота (с тройным набором хромосом — $3n$). Если же обе гаметы окажутся диплоидными, то возникает тетраплоидная зигота.

Полиплоидные виды довольно часто наблюдаются у растений и очень редко встречаются у животных. Полиплоидные мутации у растений по сравнению с диплоидными часто характеризуются более мощным ростом, большим размером и весом семян и плодов и т. п. В генетико-селекционной работе по созданию высокопродуктивных сортов растений явление полиплоидии широко используется на практике.

В настоящее время разработаны методы, позволяющие получать полиплоиды экспериментально. Эти методы основываются на воздействии на делящуюся клетку некоторых ядов (например, колхицина), разрушающих веретено, но не препятствующих удвоению хромосом.



Рис. 138. Соматическая мутация пигментации глаза у мухи дрозофилы.
В правой нижней части глаза пигмент не развит.

Мы видим, таким образом, что мутации всегда связаны с изменениями в хромосомах. Если эти изменения происходят в половых клетках, то они проявляются в том поколении, которое развивается из половых клеток. Но изменения могут иметь место и в соматических клетках. Тогда они получают название соматических мутаций. Такие мутации приводят к изменению признака только части организма, развивающегося из измененных клеток. На рисунке 138 изображена соматическая мутация белоглазости, захватившая часть глаза дрозофилы.

У животных соматические мутации не передаются последующим поколениям, поскольку из соматических клеток целый организм не возникает. Другое дело у растений. При помощи черенков и прививок иногда удается сохранить возникшее изменение, и оно оказывается стойким, наследственным.

Частота и причины мутаций. Как часто происходят мутации и каковы причины их возникновения? Прежде чем ответить на этот вопрос, нужно иметь в виду, что учет возникающих мутаций представляет очень большие трудности. Большинство мутаций рецессивны. Они возникают в генах, локализованных в хромосомах половых клеток. Гамета, несущая вновь возникшую рецессивную мутацию, при оплодотворении обычно соединяется с гаметой, которая такой же мутации не несет, ибо одновременное возникновение одинаковой мутации в одной и той же хромосоме, но в разных гаметах у двух организмов практически невозможно. Поэтому, вновь возникнув, рецессивная мутация фенотипически не проявится. Однако в последующих поколениях она будет размножаться вместе с несущей ее хромосомой и распространяться среди особей данного вида. Лишь когда соединятся две гаметы, несущие одну и ту же рецессивную мутацию, она проявится фенотипически.

Исследования показали, что в природных условиях мутация каждого отдельно взятого гена происходит очень редко. На первый взгляд может возникнуть представление, что такая малая изменчивость гена не может дать достаточного материала наследственной изменчивости для естественного отбора. На самом деле это не так. У организма имеется несколько тысяч генов, так что общее число мутаций оказывается значительным. Для той же дрозофилы, например, вычис-

тано, что около 5% ее гамет несут какую-нибудь мутацию. Прямые
исследования распространения мутаций в природных популяциях
дрозофилы, проведенные в разных географических зонах, показали,
что они «насыщены» разнообразными мутациями, большинство кото-
рых, однако, в силу рецессивности не проявляется, видимо. Значи-
тельная стойкость гена имеет большое биологическое значение. Дей-
ствительно, если бы гены легко и часто изменялись, то существование
видов стало бы невозможным, ибо в каждом поколении организмы
превращались бы в нечто совершенно новое, не похожее на родителей.
Между тем мы знаем, что изменения видов под действием естественного
отбора происходят постепенно и медленно. Эта относительная стой-
кость видов — важное условие приспособления организма к окружа-
ющей среде.

Способность к [illegible]ированию — одно из основных свойств гена
Разумеется, каждая [illegible] мутация вызывается какой-то причи-
ной Однако в бо[illegible] случаев эти причины остаются нам неиз-
вестными. Мутаци[illegible] с изменениями во внешней среде. Это убе-
дительно дока[illegible], что различными внешними факторами
удается резко по[illegible] возникающих мутаций. Особенно эффек-
тивно действую[illegible] экспериментального получения му-
таций оказываю[illegible], [illegible] влияют на нуклеиновые кислоты
Это вполне по[illegible] как материальной основой генов служит
ДНК.

Впервые в [illegible] числа возникающих наслед-
ственных изме[illegible] получено действием рентгеновых лучей
Под влиянием [illegible] получаемых мутаций удалось по-
высить в 150 раз [illegible]. С тех пор экспериментальное получение
мутаций было [illegible] различных организмах — от
бактерий и виру[illegible] и цветковых растений Кро
ме лучей Рентген[illegible] ионизирующей радиации, мутации
могут быть вызваны [illegible] химическими и физическими
воздействиями: [illegible], изменением газового режима, влаж-
ности и т. п. Любые изменения, затрагивающие процессы обмена ве-
ществ, оказывают свое влияние и на мутационный процесс. Результа-
ты исследований по экспериментальному получению мутаций сводят-
ся в основном к увеличению их частоты. Однако экспериментально
вызываемые наследственные уклонения совершаются в различных
направлениях, так же как и естественный процесс мутационной измен-
чивости. Лишь в самое последнее время намечаются некоторые пути
воздействия на направление мутаций. Эти новые возможности бази-
руются на глубоком проникновении в механизм процесса синтеза нук-
леиновых кислот.

Экспериментальное получение мутаций имеет и большое практи-
ческое значение, так как резко повышает наследственную изменчи-
вость, давая, таким образом, материал для селекции.

Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. Ва-
жная закономерность была установлена Н. И. Вавиловым. Она извест-
на под именем закона гомологических рядов наследственной измен-

чивости. *Сущность этого закона сводится к тому, что виды и роды генетически близкие (т. е. связанные друг с другом единством происхождения), характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости.* Зная наследственные изменения у одного вида, можно предвидеть нахождение сходных изменений у родственных видов и родов. Несколько примеров гомологических рядов изменчивости в семействе злаков даны в прилагаемой таблице, в которой показано наличие или отсутствие различных признаков в пределах разных родов этого семейства.

Гомологические ряды наследственной изменчивости в семействе злаковых (по Н. И. Вавилову)

		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Соцветия	Пленчатость	Пленчатое (плотно заключено в колосковых чешуях)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		Голое (легко освобождается от чешуй)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	Остистость	Остистое	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		Безостое	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		Короткоостистое	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Зерно	Окраска	Белая	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		Красная	+	+	+	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		Зеленая (серо-зеленая)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		Черная (темно-серая)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		Фиолетовая	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	Форма	Округлая	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		Удлиненная	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	Консистенция	Стекловидная	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		Мучнистая	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Биологические признаки	Образ жизни	Озимый	+	+	+	+	+				
		Яровой	+	+	+	+	+	+	+	+	
		Полуозимый	+	+	+	+	+	+	+	+	
	Скороспелость	Поздняя	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		Ранняя	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание. Знак «+» означает наличие наследственных форм, обладающих указанным признаком.

У животных мы также встречаемся с проявлением этой закономерности. Например, у грызунов существуют гомологические ряды по окраске шерсти.

Закон гомологических рядов имеет важное практическое значение, так как он облегчает поиски наследственных уклонений при создании новых сортов растений и пород животных.

Вопросы и задания

1. Соберите в природе (без выбора) [illegible] листьев желтой акации или рябины (можно использовать заготовленные с осени гербарные образцы). Постройте вариационный ряд и вариационную кривую числа пар листочков в сложном листе. Пользуясь приведенной на странице 213 формулой, вычислите среднюю величину. Проведите такую же работу для числа краевых [illegible] подсолнечника. 2. В чем различие между модификационной и [illegible] изменчивостью? Приведите примеры той и другой. 3. Приведите примеры [illegible] животных и растений, обладающих широкой и узкой нормой реакции. 4. В [illegible] закона гомологических рядов [illegible]? 5. Что [illegible] дия? Какие вы знаете методы [illegible]

§ 60. Некоторые общие понятия генетики

Природа гена и генотипа. Ознакомившись с основными законами генетики, мы можем подвести некоторые итоги и углубить наше представление о природе гена и генотипа организмов. Наследственная основа (генотип) организма представляет собой сложную систему, слагающуюся из отдельных относительно независимых элементов — генов. Реальность генов доказывается двумя основными группами фактов: 1) относительно независимым комбинированием при расщеплении, 2) способностью изменяться — мутировать. К числу основных свойств гена относится и его способность к удвоению, которое происходит при делении клетки (удвоении хромосом). Гены обладают значительной устойчивостью, что и определяет собой относительное постоянство вида. Между генами осуществляется тесное взаимодействие, в результате чего генотип в целом не может рассматриваться как простая механическая сумма генов, а представляет собой сложную, сложившуюся в процессе эволюции организмов систему.

Материальной основой генов и генотипа служат хромосомы, в состав которых входят ДНК и белки. Биохимической (молекулярной) основой перечисленных выше свойств гена является способность ДНК к самоудвоению (редупликации). В основе действия гена в процессе развития организма лежит его способность через посредство РНК определять синтез белков. В молекуле ДНК как бы «записана» информация, определяющая состав белковых молекул. Особенно замечательно, что этот механизм является общим на всех ступенях эволюции органического мира — от вирусов и бактерий до млекопитающих и цветковых растений. Это служит указанием на то, что биологическая роль нуклеиновых кислот определилась на очень ранних этапах эволюции жизни, возможно в самый момент перехода от неживого к живому.

Несмотря на большие успехи в развитии генетики, в особенности за последние десять лет, еще многие вопросы не решены наукой. Так,

еще не ясен вопрос, каким образом гены действуют в процессе развития организма. Дело в том, что в каждой клетке имеется диплоидный набор хромосом, а следовательно, и весь набор генов данного вида. Между тем очевидно, что в разных клетках и тканях функционируют лишь немногие гены, а именно те, которые определяют свойства данной клетки, ткани, органа. Каков же механизм, обеспечивающий активность только определенных генов? Эта проблема сейчас усиленно разрабатывается в науке. Имеются уже некоторые данные, указывающие, что в регуляции действия генов ведущая роль принадлежит белкам, входящим в состав хромосом наряду с ДНК.

Цитоплазматическая наследственность. Все данные современной генетики утверждают ведущую роль хромосом в наследственности. Хромосомная теория основывается на огромном количестве фактов, со многими из которых мы познакомились уже выше. Значит ли это, что в цитоплазме не существует каких-либо структур, которые наряду с хромосомами ядра играли бы роль в наследственной передаче? Такие структуры имеются. Это позволяет нам говорить наряду с ядерной и о цитоплазматической наследственности, играющей, однако, второстепенную, подчиненную роль.

Приведем примеры цитоплазматической наследственности.

У растений пластиды (в том числе и хлоропласты) размножаются путем деления. Эти органоиды, так же как и клеточное ядро, обладают способностью к самовоспроизведению. У цветковых растений пластиды передаются следующему поколению через яйцевые клетки, так что между пластидами последующих поколений имеется непосредственная преемственность. Через пыльцевую трубку передача пластид тоже возможна, но в небольшом количестве и не всегда. У ряда растений описаны наследственные изменения (мутации), касающиеся свойств хлоропластов. Одним из таких изменений является потеря (полная или частичная) хлоропластами способности к синтезу хлорофилла. Если это изменение затронет только часть хлоропластов, то получается характерная картина пестролистности, которая выражается в том, что отдельные части листа и других зеленых органов растения лишены хлорофилла и оказываются светлыми. Эта наследственная особенность передается почти исключительно по материнской линии (через цитоплазму яйцеклетки), что связано с непосредственной передачей измененных хлоропластов. Ядро в возникновении этой особенности не участвует.

В настоящее время имеются и некоторые другие факты, указывающие на явление цитоплазматической наследственности, характерной чертой которой всегда служит передача по материнской линии. Это объясняется тем, что яйцо богато цитоплазмой, тогда как сперматозоид почти лишен ее.

Успехи в познании законов наследственности и изменчивости помогают человеку управлять этими явлениями. Особенно широкое практическое применение генетика находит в области сельского хозяйства при создании новых сортов культурных растений и пород домашних животных.

§ 61. Генетика и эволюционная теория

Разработанная Ч. Дарвином эволюционная теория основывается (как это было подробно изложено выше, гл. II) на трех основных факторах: изменчивости, наследственности и естественном отборе. Главное значение как материал для отбора имеет, по Дарвину, неопределенная, ненаправленная наследственная изменчивость. Во времена Дарвина (в начале второй половины XIX века) не существовало еще ясного разграничения между изменчивостью, затрагивающей генотип, и модификационной изменчивостью, лежащей в границах нормы реакции. Генетика — наука, изучающая закономерности изменчивости и наследственности, возникла и развилась значительно позже — в XX веке.

В свете современных научных данных можно утверждать, что основу дарвиновской неопределенной изменчивости составляют мутации. Их и следует рассматривать как основной первичный материал для эволюционного процесса. Особи, несущие мутационные изменения, скрещиваются с другими особями, которые их не имеют или же несут другие наследственные изменения. Получаются новые сочетания генов, все это составляет изменчивость (мутации и комбинации в результате свободного скрещивания) и дает первичный материал для естественного отбора, ведущего к образованию новых разновидностей и видов.

Резерв наследственной изменчивости. Постоянно протекающий мутационный процесс и свободное скрещивание приводят к тому, что в пределах вида и отдельных его популяций накапливается большое количество никак не проявляющихся наследственных изменений. Создание такого, по выражению академика И. И. Шмальгаузена, «резерва наследственной изменчивости» происходит потому, что подавляющее большинство вновь возникающих мутаций рецессивны и фенотипически никак не проявляются, а следовательно, прямо не подпадают под действие естественного отбора. Хромосомы, несущие мутации, в результате удвоения постоянно распространяются среди популяции, в которой осуществляется свободное скрещивание (стр. 217). Постепенно происходит возрастание концентрации возникшей мутации, которая распространяется все более широко, не проявляясь, однако, фенотипически до тех пор, пока она остается гетерозиготной. По достижении достаточно высокой концентрации делается вероятным скрещивание особей, несущих рецессивные гены. При этом появятся гомозиготные особи, у которых мутация проявится фенотипически. В этих случаях мутации подпадают под контроль естественного отбора.

Генетические исследования природных популяций растений и животных показали, что при относительной фенотипической однородности они насыщены разнообразными рецессивными мутациями. Таким образом, каждый вид (вспомните определение понятия «вид», стр. 17) и каждая его популяция с генетической точки зрения представляют собой довольно сложную гетерозиготную систему, находящуюся под

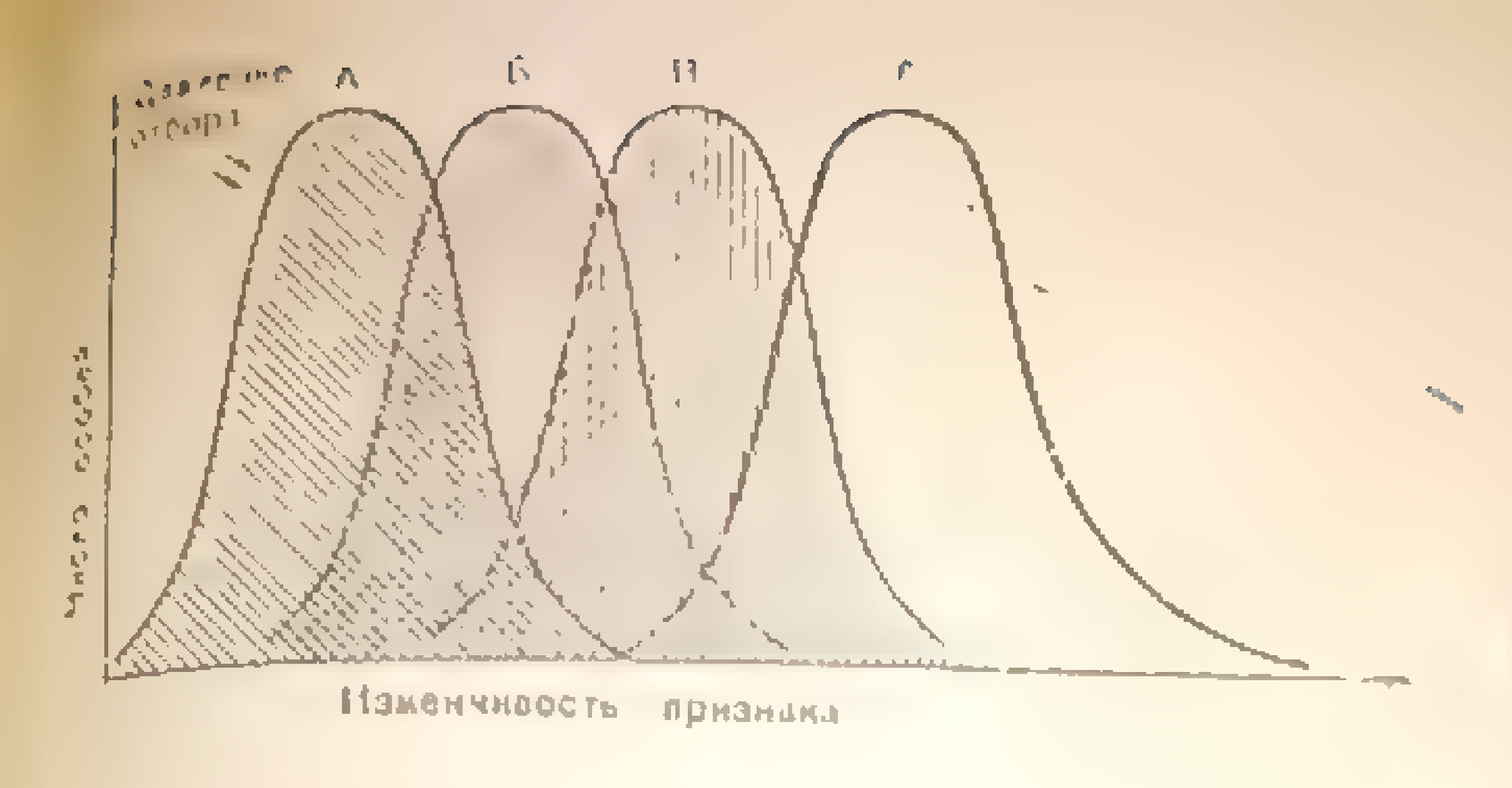
непосредственным и постоянным контролем естественного отбора, что впервые было показано работами И. И. Шмальгаузена. При этом разные популяции одного вида, живущие в несходных условиях, будут различаться и по резерву наследственной изменчивости.

Формы естественного отбора. Знакомство с генетикой позволяет нам углубить и конкретизировать вопрос о разных формах естественного отбора, протекающего в природе. В разных условиях среды действие естественного отбора будет носить различный характер. Предположим, что создались условия, при которых некоторые возникающие наследственные уклонения полезны. В этом случае действие отбора (или, как часто говорят, «давление отбора») будет направлено в одну определенную сторону. Это приведет к постепенному изменению фенотипа, к смене нормы реакции в одном определенном направлении (рис. 139). Такая форма отбора носит название д в и ж у щ е г о о т б о р а. Приведем пример. Близ индустриальных центров в воздухе много копоти, дыма. Стволы берез приобретают грязно коричневый оттенок. У живущей на березе бабочки—березовой пяденицы иногда появляются темноокрашенные мутации. В обычных условиях сельской местности они отметаются отбором, так как делают бабочек заметными на фоне белой коры березы. Их поедают птицы. Иное дело на загрязненной дымом березе. В этих условиях темные пяденицы становятся менее заметными и естественный отбор их сохраняет. Фактором, осуществляющим этот отбор, преимущественно служат птицы, поедающие бабочек. При большой напряженности отбора через относительно короткий промежуток времени возникает разновидность, характеризующаяся темной окраской. При большом «давлении отбора» движущая форма очень быстро изменяет характер популяции. Например, в окрестностях города Манчестера темная форма березовой пяденицы вытеснила светлую форму примерно за 20 лет.

Движущая форма естественного отбора играет основную роль в эволюции, в развитии приспособлений. Так, например, протекала эволюция лошади — от пятипалой конечности к однопалой, а также образование бескрылых островных форм насекомых и т. п.

Наряду с движущим естественным отбором в природе широко осуществляется и другая его форма — с т а б и л и з и р у ю щ и й о т б о р. У видов, живущих в относительно постоянных условиях, широкий размах изменчивости, выводящий особи вида за границы оптимальной для данных условий нормы, может быть неблагоприятен. В таких условиях сохраняются мутации, ведущие к меньшей изменчивости данного признака, и отсекаются мутации, определяющие более широкую изменчивость (более широкую норму реакции, рис. 140). Вот пример действия стабилизирующего отбора. У опыляемых насекомыми растений малой изменчивостью характеризуются части цветка. Вегетативные органы их гораздо более изменчивы. Это зависит от того, что пропорции цветка тесно «пригнаны» к размерам опыляющих их насекомых, и широкая изменчивость здесь отразилась бы весьма неблагоприятно на ходе опыления. Стабилизирующий отбор «закрепил» пропорции и размеры частей цветка.





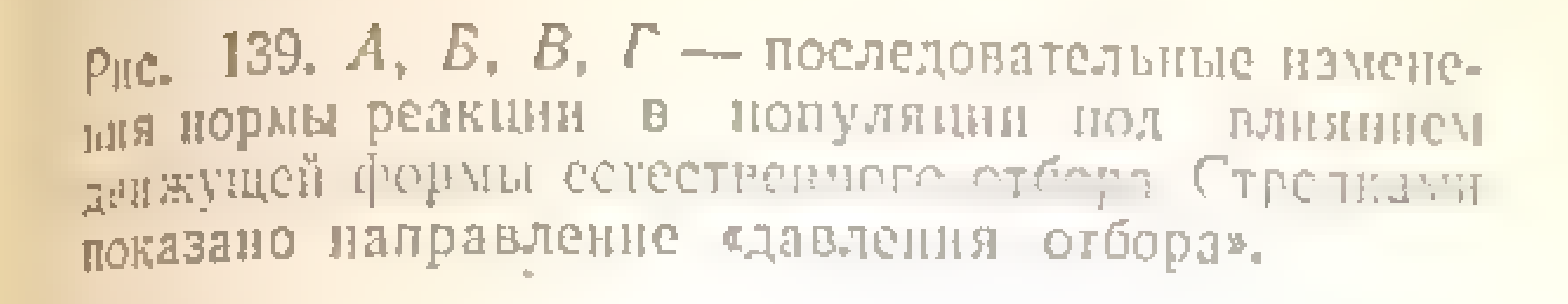


Рис. 139. *А, Б, В, Г* — последовательные изменения нормы реакции в популяции под влиянием движущей формы естественного отбора. Стрелками показано направление «давления отбора».

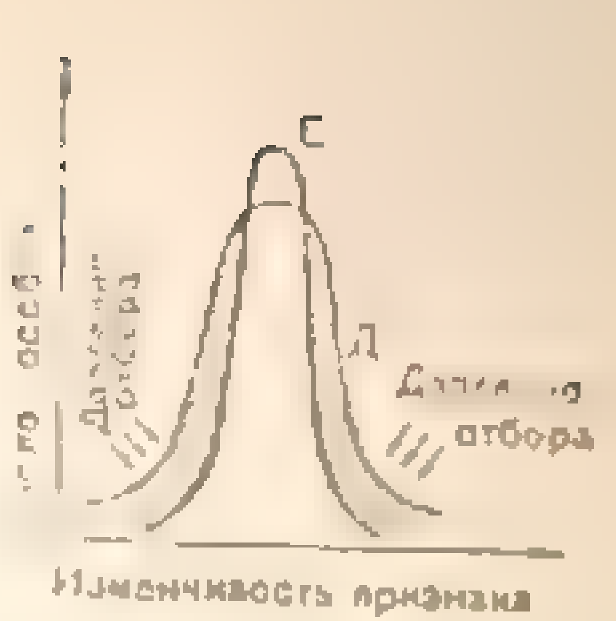


Рис. 140. Стабилизирующая форма естественного отбора.

Действия движущей и стабилизирующей форм отбора в природе тесно связаны друг с другом. Движущий отбор преобразует виды в меняющихся условиях окружающей среды. Стабилизирующий отбор закрепляет полезные формы в относительно постоянных условиях среды.

Сказанное выше показывает, что генетический анализ популяций позволяет значительно углубить и уточнить наши знания о характере изменчивости организмов в природе и яснее представить себе механизм действия естественного отбора как основного фактора видообразования и эволюции.

Вопросы и задания

1. Что является материальной основой гена? Объясните подробно, как вы понимаете выражение «наследственная информация записана в последовательности органических азотистых оснований молекулы ДНК»? 2. Одинакова или различна наследственная информация, «записанная» в ДНК хромосом нервной и эпителиальной клеток одного и того же организма? Подробно аргументируйте ваш ответ. 3. Какая форма изменчивости дает исходный материал для естественного отбора в природе? Как вы понимаете выражение «резерв наследственной изменчивости»? 4. Что такое «стабилизирующий отбор»? При каких условиях он преимущественно осуществляется в природе?

Глава XI

Селекция растений, животных и микроорганизмов

Задача селекции состоит в создании новых и улучшении уже существующих сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов.

В своей хозяйственной деятельности человек с самых древних времен изменял окружающую его природу, приручал диких животных,

возделывал растения, создавая полезные для себя породы и сорта. Однако научные основы этой стороны хозяйственной деятельности человека были раскрыты лишь во второй половине XIX века Ч. Дарвином в его учении об изменчивости, наследственности и искусственном отборе.

§ 62. Задачи современной селекции

Селекция в буквальном смысле этого слова означает отбор. Но в современном понимании селекция — это широкая комплексная наука, направленная в основном на повышение производительности сельскохозяйственного производства и базирующаяся не только на учении об отборе, но и на ряде других закономерностей биологии.

Выдающийся советский генетик и селекционер акад. Н. И. Вавилов, определяя содержание и задачи современной селекции, указывал, что для успешной работы по созданию сортов и пород следует изучать и учитывать: 1) исходное сортовое и видовое разнообразие растений и животных, [illegible] объектом селекционной работы; 2) наследственную [illegible]; 3) роль среды в развитии и проявлении изучаемых признаков; 4) закономерности наследования при гибридизации; 5) формы [illegible] отбора, ведущие к закреплению желательных [illegible]

Что такое сорт или порода? Мы [illegible] пользуемся этими понятиями, но не всегда ясно [illegible] себе их точный смысл и содержание. *Породой животных* [illegible] *растений называют такую совокупность особей* [illegible]*, искусственно созданную человеком, которая характеризуется* [illegible] *наследственными особенностями,* [illegible] *продуктивностью, структурными (морфологическими) признаками.* Для каждой породы или сорта характерна определенная реакция на окружающую среду. Фенотип данной породы или сорта наиболее полно проявляется лишь при известных условиях содержания, кормления, агротехники. Для каждого сорта и породы необходим известный комплекс климатических условий, при которых выявляются их положительные качества. Например, сорт пшеницы, дающий высокий урожай в южных районах страны, не будет проявлять этих качеств в иных (например, северных) климатических условиях. При выведении новых сортов и пород необходимо учитывать, для каких климатических условий они создаются. Поэтому породы и сорта, выведенные в одной стране, далеко не всегда пригодны для другой страны.

Из сказанного ясно, что не всякую возникшую в результате мутации при гибридизации полезную форму можно назвать сортом или породой. Для этого она должна обладать перечисленными выше свойствами. Выведение новых сортов и пород — важное государственное дело. Во всех странах, в том числе и в Советском Союзе, существует обширная система научных и научно-практических учреждений: институтов, селекционных станций, племенных хозяйств, которые планомерно занимаются в общегосударственном масштабе этой слож-

ной работой. Для проверки вновь создаваемых сортов культурных растений существует большая сеть сортоиспытательных участков (Госсортосеть), на которых всесторонне изучаются свойства вновь создаваемых сортов. В животноводстве аналогичную работу проводят специальные племенные хозяйства.

За годы существования Советской власти выведены многие сотни сортов хлебных злаков, бобовых, масличных, прядильных, овощных и других культурных растений. Только по одной пшенице Государственной комиссией по сортоиспытанию апробировано и районировано (указаны районы культивирования) свыше 300 сортов. Среди них можно указать, например, на замечательный сорт Безостая-1, выведенный акад. П. П. Лукьяненко, отличающийся высокой урожайностью, прекрасными [illegible] качествами.

Большие успехи достигнуты советскими учеными в селекции подсолнечника — ценной [illegible] культуры, снабжающей страну растительным маслом. [illegible] подсолнечника лет 15–20 назад [illegible] масличность не превышала 32–33 [illegible]. В настоящее время благодаря работам акад. В. С. П[illegible] и руководимого им коллектива средняя масличность [illegible] 49–50%.

Столь же [illegible] по выведению сортов сахарной свеклы с [illegible] сахара. Сахаристость корней этой культуры [illegible] превышала 8,0%. Современные высокоурожайные [illegible] в Советском Союзе, содержат около 20% сахара.

Многочисленные [illegible] повышения хозяйственной продуктивности можно привести [illegible] животноводства. В СССР имеется ряд высокопрод[illegible] рогатого скота: холмогорская, ярославская, серая [illegible] и др. В советское время трудами акад. М. Ф. Иванова [illegible] продуктивная порода украинских белых свиней, [illegible] и многие другие.

Возможности [illegible] работы далеко еще не исчерпаны, и именно в этом направлении (наряду с другими) должна возрасти производительность сельского хозяйства в СССР.

Вопросы и задания

1. Что такое селекция? [illegible] значение для [illegible] селекции [illegible] Дарвина и современная генетика? 2. Что такое сорт и порода? [illegible] примерах. 3. Какие сорта [illegible] в [illegible] местности? 4. Составьте коллекцию (гербарий) основных сортов зерновых культур, возделываемых в вашей местности. 5. Какие породы рогатого скота [illegible] в вашей местности? 6. Какие задачи выполняют сортоиспытательные участки Госсортосети?

§ 63. Центры многообразия и происхождения культурных растений

Чем разнообразнее исходный материал, используемый для селекции, тем бо́льшие возможности дает он для отбора и гибридизации. Н. И. Вавилов указывал, что одним из условий, способствующих созданию нового сорта, является исходное сортовое и видовое разнооб-

разие. Но где в природе искать это многообразие? Н. И. Вавилов с большим коллективом сотрудников в результате многочисленных экспедиций, протекавших на территории почти всего земного шара, изучил многообразие и географическое распространение культурных растений. Исследования были предприняты в двадцатых и тридцатых годах этого столетия Всесоюзным институтом растениеводства (ВИР), директором которого многие годы был Н. И. Вавилов. В этой огромного масштаба поисковой работе участвовали и некоторые другие крупные научные коллективы, например Ботанический институт Академии наук СССР. Экспедициями была охвачена вся огромная территория Советского Союза и множество зарубежных стран: Иран, Афганистан, страны Средиземноморья, Абиссиния, Центральная Азия, Япония, Северная, Центральная и Южная Америка и некоторые другие. Вне исследований осталась лишь Австралия, где начало земледелия относится к недавнему историческому прошлому. Во время этих экспедиций было изучено около 1600 видов культурных растений. Экспедиции везли в Советский Союз тысячи образцов семян культурных растений. Они высевались в питомниках ВИРа, расположенных в разных географических зонах Советского Союза. Эти ценнейшие и уникальные коллекции служили материалом для селекционной работы.

В результате изучения всего этого колоссального материала Н. И. Вавилов установил ряд важных закономерностей, показав, что не во всех географических зонах культурные растения обладают одинаковым разнообразием. Для разных культур существуют свои центры многообразия, где сосредоточено наибольшее число сортов, разновидностей, различных наследственных уклонений. Эти центры многообразия, как показал Н. И. Вавилов, являются вместе с тем районами происхождения сортов данной культуры. Большинство центров совпадает с древними очагами земледелия. Это в основном не равнинные, а горные районы.

Таких центров многообразия Н. И. Вавилов насчитывал сначала восемь. В более поздних работах он различает семь основных центров. Они изображены на прилагаемой карте (рис. 141).

Перечислим эти центры и основные, происходящие из них культуры:

1) **Южноазиатский тропический центр.** Тропическая Индия, Индокитай, Южный Китай, острова Юго-Восточной Азии. Исключительно богат культурными растениями (около $1/3$ известных видов культурных растений). Родина риса, сахарного тростника, множества плодовых и овощных культур.

2) **Восточноазиатский центр.** Центральный и Восточный Китай, Япония, острова Тайвань, Корея. Родина сои, нескольких видов проса, множества плодовых и овощных культур. Этот центр тоже богат видами культурных растений — около 20% мирового многообразия.

3) **Юго-западноазиатский центр.** Малая Азия, Средняя Азия, Иран, Афганистан, Северо-Западная Индия. Этот центр служит родиной некоторых форм пшеницы, ржи, многих зерновых бобовых, винограда, плодовых. В нем возникло 14% мировой культурной флоры.

4) **Средиземноморский центр.** Страны, расположенные по берегам Средиземного моря. Этот центр, где располагались величайшие древние цивилизации, дал около

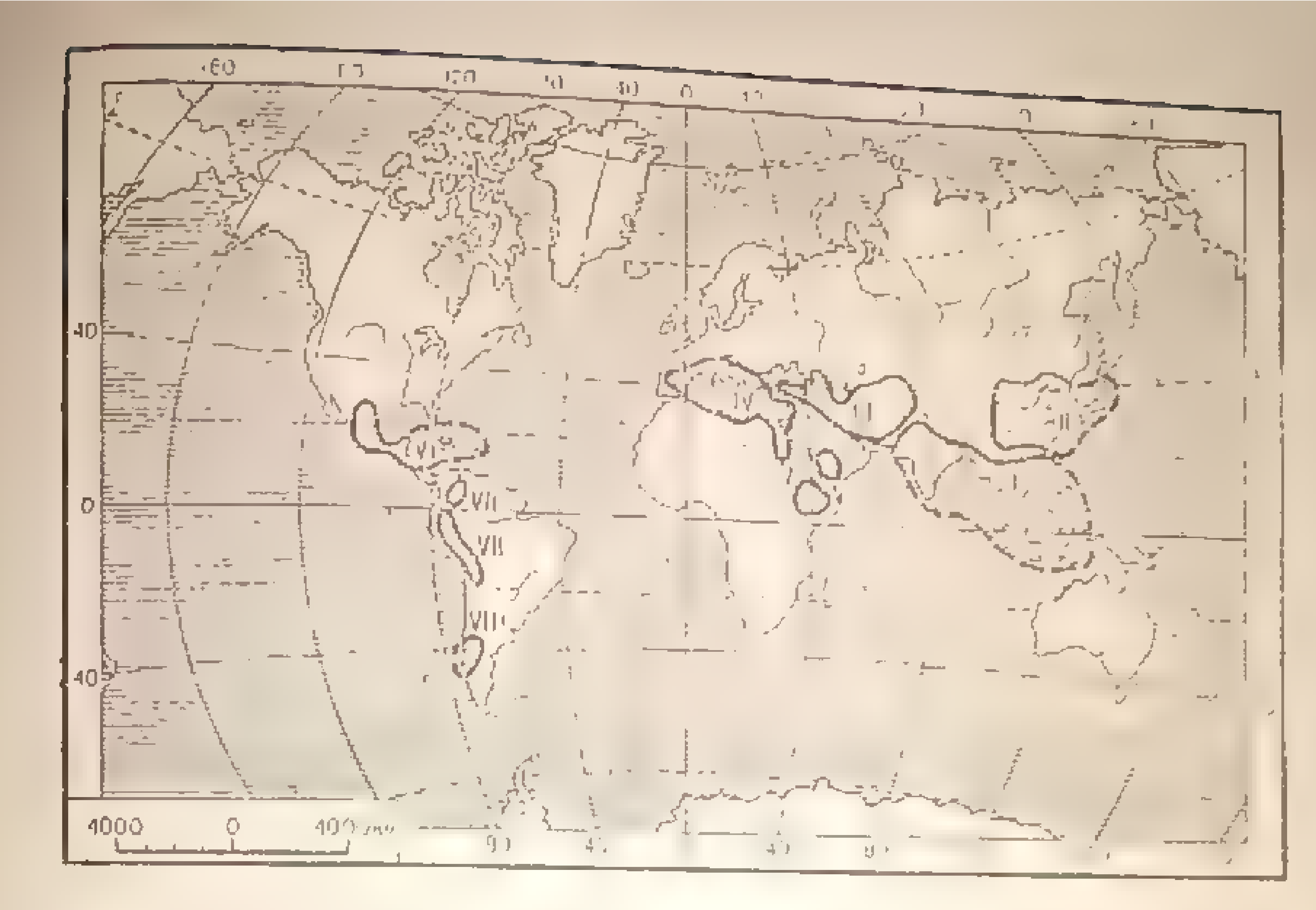


Рис. 141. Центры многообразия и происхождения культурных растений (по Н. И. Вавилову).

11% видов культурных растений. В их числе маслина, многие кормовые растения (клевер, одноцветковая чечевица), многие овощные (капуста) и другие культуры.

5) **Абиссинский центр.** Небольшой район африканского материка с очень своеобразной флорой культурных растений. Очевидно, очень древний очаг самобытной земледельческой культуры. Родина зернового сорго, одного вида бананов, масличного растения нута, ряда особых форм пшеницы и ячменя.

6) **Центральноамериканский центр.** Южная Мексика. Родина кукурузы, длинноволокнистого хлопчатника, какао, ряда тыкв, фасоли — всего около 90 видов культурных растений.

7) **Андийский (Южноамериканский) центр.** Включает часть районов Андийского горного хребта вдоль западного побережья Южной Америки. Родина многих клубненосных растений, и в том числе картофеля, некоторых лекарственных растений (кокаиновый куст, хинное дерево и др.).

Подавляющее большинство культурных растений связано с одним или несколькими из перечисленных выше географических центров. Но существуют немногие виды, имеющие иное, независимое от этих центров происхождение. Так, например, финиковая пальма была введена в культуру в оазисах Аравии и, может быть, Сахары.

Учение Н. И. Вавилова о центрах происхождения и многообразия культурных растений имеет большое практическое значение для селекции.

Вопросы и задания

1. В чем заключаются основные положения учения Н. И. Вавилова о центрах многообразия и происхождения культурных растений? 2. Назовите несколько очагов культур человечества и укажите, с какими центрами многообразия культурных растений они совпадают. 3. Какое значение для практической селекции имеет учение Н. И. Вавилова о центрах многообразия и происхождения культурных растений?

§ 64. Селекция растений

Основными методами селекции растений служат гибридизация и отбор. Обычно в практической селекционной работе эти методы сочетаются.

Методы отбора могут быть различными, что в значительной мере зависит от формы размножения данного вида растений. Различают две основные формы отбора: массовый и индивидуальный. Первый из них сводится к отбору из исходного материала целой группы особей, обладающей желательными для селекционера признаками. Этот метод отбора может быть однократным или повторным (повторяющимся в целом ряде последующих поколений).

Массовый отбор наиболее часто осуществляется в отношении перекрестноопыляющихся растений, к которым относится рожь. Многие распространенные сорта ржи (например, сорт Вятка) выведены этим методом. Массовый отбор не может привести к выделению генотипически однородного материала. Полученные этим путем сорта обычно требуют повторного применения отбора для поддержания своих свойств.

Индивидуальный отбор, который тоже может быть однократным или повторным, сводится к выделению отдельных особей и получению от них потомства. Этот метод наиболее применим к самоопыляющимся растениям (пшеница, ячмень, овес). Потомство одной самоопыляющейся особи носит название чистой линии. Таким образом, индивидуальный отбор приводит к выделению отдельных чистых линий. Самоопыление ведет к появлению гомозиготных форм (вспомните моногибридное скрещивание, в результате которого все время уменьшается число гетерозигот и возрастает число гомозигот, стр. 217). Таким образом, индивидуальный отбор обычно приводит к получению сорта, представляющего собой одну или несколько чистых линий, которые, будучи гомозиготными, сохраняют постоянство генотипа. Разумеется, и в пределах чистых линий происходят мутации, так что это постоянство не является абсолютным.

У растений, размножающихся вегетативным путем (картофель, многие плодовые деревья, разводимые отводками), можно в качестве сорта сохранить и размножить любую гетерозиготную комбинацию, обладающую хозяйственно полезными признаками. Понятно, что при половом размножении свойства таких гетерозиготных сортов не сохранятся и произойдет их сложное расщепление. Поэтому многие сорта картофеля, а также плодово-ягодных культур не удается сохранить при размножении семенами.

Самоопыление перекрестноопылителей (инбридинг). Явления гетерозиса. Самоопыление ведет к повышению гомозиготности, к закреплению этим путем наследственных свойств. Можно ли при селекции перекрестноопыляющихся растений прибегать к самоопылению для получения у них чистых линий? Близкородственное скрещивание (самоопыление у растений, скрещивание между родственными животными) называется инбридингом (или инцухтом). Еще Дар-

нию было хорошо известно, что инбридинг и у растений, и у животных приводит обычно к неблагоприятному результату: снижению жизнеспособности, уменьшению продуктивности, или, говоря в общей форме, к вырождению. Это подтверждено многочисленными исследованиями, проведенными на ржи, кукурузе и других растениях.

Чем объясняется неблагоприятное влияние инбридинга? Одной из основных причин служит переход большинства генов в гомозиготное состояние. У организмов непрерывно осуществляется мутационный процесс. Большинство мутаций рецессивны, и в значительной своей части вызывают неблагоприятные наследственные изменения (стр. 243). У перекрестноопылителей эти рецессивные мутации фенотипически не проявляются, так как находятся в гетерозиготном состоянии. При инбридинге они переходят в гомозиготное состояние и оказывают свое действие на развивающийся организм. Иное дело у самоопыляющихся растений. У них не происходит накопления рецессивных неблагоприятных мутаций, так как по мере появления они становятся гомозиготными и отсеиваются естественным отбором.

Несмотря на неблагоприятное влияние самоопыления, у перекрестноопыляющихся растений оно [illegible] успешно применяется в селекции. Обычно [illegible] инбридинга выводят чистые линии, у которых закрепляю[illegible] Вместе с тем происходит резкое снижение [illegible] производят перекрестное опыление между [illegible] снижает вредное влияние инбридинга [illegible] но высокоурожайных растений. Этот [illegible] межлинейной гибридизации. Час[illegible] эффект гетерозиса, или гибридной силы. [illegible] в том, что первое гибридное по[illegible] урожайностью и жизнеспособностью [illegible] инбредными линиями, но и по сравнению с [illegible] формами, которые были использованы для создания [illegible] линий. При дальнейшем размножении межлинейных гибридов [illegible] гетерозис, эффект его обычно несколько снижается. Генетические причины гетерозиса еще не окончательно выяснены, однако несомненно, что тут играет положительную роль высокая гетерозиготность гибридов.

Практически поступают следующим образом. Сначала создают большое число инбредных линий, затем приступают к скрещиванию между ними. Выявляют опытным путем те комбинации, которые дают наибольший эффект гетерозиса. Далее сохраняют эти инбредные линии и для хозяйственного использования высевают гибридные семена, которые получаются в результате скрещивания линий (межлинейные гибриды). Хотя на первый взгляд этот путь кажется несколько сложным, тем не менее он дает огромный хозяйственный эффект.

Эффективность селекции. От каких факторов зависит эффективность отбора при селекционной работе? Вопрос этот имеет важное практическое значение. Отбор тем эффективнее, чем разнообразнее в наследственном отношении исходный материал. Для получения этого разнообразия пользуются разными путями. Одним из них служит

разнообразный в отношении географического происхождения материал. Мы уже знаем, какое большое значение для селекции имеет коллекция культурных растений ВИРа, собранная в различных районах земного шара. Второй путь увеличения разнообразия материала для селекции представляет гибридизация. Скрещивание в сочетании с отбором — один из самых эффективных путей селекционной работы. Наконец, увеличение наследственной изменчивости может достигаться путем повышения мутационной изменчивости действием различных внешних факторов (стр. 247).

В тех случаях, когда наследственное разнообразие исходного материала невелико, отбор малоэффективен. Примером могут служить чистые линии самоопылителей. Отбор в чистых линиях, являющихся гомозиготными по большинству генов, практически не даст никакого результата. В чистых линиях источником наследственных изменений могут быть лишь мутации, но они происходят относительно редко. У самоопылителей отбор обычно бывает эффективным лишь до тех пор, пока из исходной неоднородной по наследственному составу популяции не будут выделены чистые линии. В дальнейшем он перестает действовать. Для изменения свойств линии следует прибегнуть к гибридизации, которая приведет к неоднородности наследственного состава, за счет чего вновь может эффективно применяться отбор.

Искусственный и естественный отбор в селекции растений. Искусственный отбор на основе наследственной изменчивости служит основным средством изменения организмов и ведет к созданию новых высокопродуктивных форм. Однако не следует забывать, что искусственный отбор нельзя изолировать полностью от естественного отбора. Это особенно справедливо в отношении растений. При выращивании культурных растений на полях, в питомниках и т. п. они подвергаются воздействию всего комплекса внешних факторов: температуры, влажности, освещения, а также нападению вредителей и т. п. Это приводит к тому, что естественный отбор действует параллельно с искусственным. Поэтому всякий вновь создаваемый сорт является всегда результатом двух одновременно действующих групп факторов: деятельности человека и естественного отбора.

Вопросы и задания

1. Какие формы отбора применяются при селекции растений? Как они связаны с формами размножения? Поясните на примерах. 2. Что такое гибридизация? В чем его положительные и отрицательные стороны при селекции растений? 3. Поясните на примере, что такое межлинейная гибридизация.

§ 65. Полиплоидия и отдаленная гибридизация растений

У растений одну из форм наследственной изменчивости представляет кратное увеличение числа хромосом, называемое полиплоидией (стр. 245). Многие из культурных растений (по сравнению с родственными дикими видами) полиплоидны. К числу их относятся пшеница, картофель, некоторые сорта сахарной свеклы.

В генетике и селекции в настоящее время разработан ряд методов экспериментального получения полиплоидов. Многие полиплоиды по сравнению с исходными (диплоидными) формами обладают более мощным ростом и более высокой урожайностью. За последние годы, например, широкое распространение (в том числе и в Советском Союзе) приобрела экспериментально полученная полиплоидная сахарная свекла. Перспективна в хозяйственном отношении полиплоидная гречиха.

Одним из перспективных путей получения новых продуктивных форм культурных растений является отдаленная гибридизация. Обычно скрещивание происходит в пределах вида. Иногда оказывается возможным получение гибридов между разными видами растений из одного рода и даже видами, относящимися к разным родам. Так, например, существуют гибриды ржи и пшеницы, пшеницы и дикого злака эгилопс и некоторые другие. Однако такие отдаленные гибриды в большинстве случаев оказываются бесплодными. Поэтому они не имеют значения [illegible] для [illegible] видов. Действительно, если бы межвидовые [illegible] размножались и оставляли потомство, то существование [illegible] было бы невозможным, так как процесс гибридизации стер бы границы между ними.

В чем причины [illegible] гибридов? Эти причины разнообразны. [illegible]. В большинстве случаев у отдаленных [illegible] нарушается ход созревания половых клеток. Хромосомы [illegible] родительских видов оказываются настолько несходными, [illegible] нарушается процесс мейоза. Хромосомы [illegible] конъюгировать, и в результате этого не происходит [illegible] редукции их числа. Эти нарушения [illegible], когда скрещивающиеся виды отличаются [illegible] (например, диплоидное число хромосом ржи — 14, [illegible] — 42). Но даже и при одинаковом числе хромосом [illegible] нормальный ход мейоза при отдаленной [illegible] часто нарушается и гибриды оказываются бесплодными.

Существуют ли [illegible] методы восстановления плодовитости отдаленных гибридов? Одним из [illegible] достижений современной генетики и селекции [illegible] разработка способов преодоления бесплодия межвидовых гибридов, приводящая в некоторых случаях к восстановлению их нормального размножения. Впервые это удалось осуществить в 1924 году советскому генетику Г. Д. Карпеченко при скрещивании редьки и капусты. Оба эти вида имеют (в диплоидном наборе) по 18 хромосом. Соответственно их гаметы несут по 9 хромосом (гаплоидный набор). Гибрид имеет 18 хромосом, но он совершенно бесплоден, так как редечные и капустные хромосомы не конъюгируют друг с другом, и поэтому процесс образования гамет не может протекать нормально. Г. Д. Карпеченко удалось удвоить число хромосом гибрида. В результате в гибридном организме оказалось 36 хромосом, слагающихся из двух полных диплоидных наборов редьки и капусты. Это создало нормальные возможности для мейоза, так как

каждая хромосома имела себе парную. «Капустные» хромосомы конъюгировали с «капустными», а «редечные» — с «редечными». Каждая гамета несла по одному гаплоидному набору редьки и капусты (9+9=18). В зиготе вновь оказывалось 36 хромосом. Таким образом, полученный межвидовой гибрид стал плодовитым. Гибрид не расщеплялся на родительские формы, так как хромосомы редьки и капусты всегда оказывались вместе. Этот вновь созданный человеком вид растения не был похож ни на редьку, ни на капусту.

Стручки занимали как бы промежуточное положение и состояли из двух половинок, из которых одна напоминала стручок капусты, другая — редьки (рис. 142). Отдаленная гибридизация в сочетании с удвоением числа хромосом (создание полиплоида) привела к полному восстановлению плодовитости.

Существует немало культурных растений, созданных в результате отдаленной гибридизации. Укажем некоторые из них. В результате многолетних работ акад. Н. В. Цицина и его сотрудников получены ценные сорта зерновых на основе гибридизации пшеницы с многолетним сорным растением — пыреем. Среди них имеется многолетняя пшеница, которую нет необходимости сеять каждый год, ибо корневища её перезимовывают, как у пырея. Несколько сортов, выведенных на этой основе, уже прошли сортоиспытание и переданы в производство на полях (например, пшенично-пырейный гибрид 599) и ряд других.

Интересны новые формы пшеницы, выведенные А. Р. Жебраком на основе скрещивания разных видов. Широкое применение нашел метод отдаленной гибридизации в плодоводстве, в частности в результате замечательных работ И. В. Мичурина.

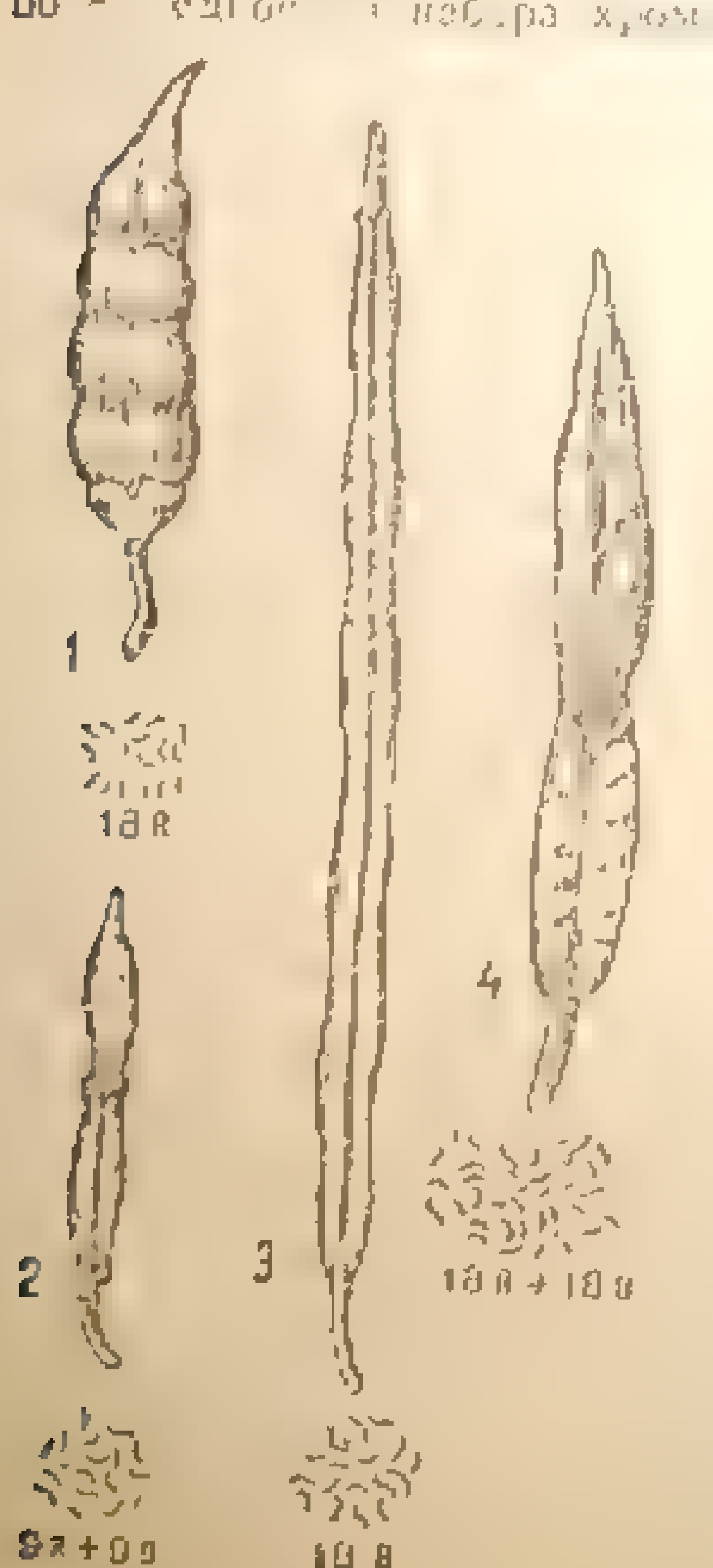


Рис. 142. Капустно-редечный гибрид:
1 — плод и диплоидный хромосомный набор редьки; 2 — бесплодный гибрид редьки и капусты (содержит набор из 9 «редечных» и 9 «капустных» хромосом); 3 — плод и диплоидный хромосомный набор капусты; 4 — плод капустно-редечного гибрида, восстановившего плодовитость после удвоения набора хромосом.

Вопросы и задания

1. Что мы называем полиплоидией? Какую роль играла полиплоидия в возникновении культурных растений? 2. Приведите примеры использования экспериментально полученных полиплоидов в селекционной работе. 3. Какие вы знаете методы восстановления плодовитости гибридов при отдаленной гибридизации?

§ 66. Методы работы И. В. Мичурина

Иван Владимирович Мичурин, выдающийся советский ученый и селекционер, посвятил делу выведения новых сортов плодовых деревьев и других культурных растений 60 лет напряжен-

ного труда. Его работы начались еще в семидесятых годах прошлого столетия в небольшом питомнике в г. Козлове (ныне Мичуринск) бывшей Тамбовской губернии.

Широко развернуть исследования И. В. Мичурин смог лишь после Октябрьской революции, когда его питомник был превращен в большое государственное учреждение. Деятельностью Мичурина интересовался В. И. Ленин, который придавал ей большое значение. М. И. Калинин посетил питомник Мичурина и всемерно содействовал его работе.

И. В. Мичурин не сразу пришел к тем методам и взглядам, которые привели к большим успехам в выведении новых ценных сортов и новых форм культурных растений. В первый период своей деятельности он потратил много сил и времени на попытки прямой акклиматизации (приучению) южных сортов к суровому климату Тамбовской губернии с холодными зимами. Эти попытки оказались безуспешными. Все южные сорта зимой вымерзали.

Убедившись в бесплодности метода простой акклиматизации, И. В. Мичурин приступил к разработке новых методов изменения природы растений.

В основе работ И. В. Мичурина лежит сочетание трех основных методов: *гибридизация, отбор и воздействие условиями среды на развивающиеся гибриды* (воспитание в желательном направлении).

Большое внимание И. В. Мичурин уделял подбору исходных родительских форм для гибридизации. Он применял скрещивание местных морозостойких сортов с южными сортами. Полученные сеянцы подвергались строгому отбору. И. В. Мичурин указывает, что полученные таким путем гибриды следует содержать в относительно суровых условиях, не давать им тучной почвы. Он пишет: «... ни в коем случае не следует давать сеянцам тучной почвы, а тем более надо избегать применения всяких удобрений, усиливающих развитие роста сеянцев. В противном случае в строении организма будут слишком сильно доминировать в своем развитии наследственно переданные им свойства сортов, взятых из более южных стран». Таким образом, И. В. Мичурин указывает на возможность управлять доминированием признаков при развитии гибрида (см. выше, стр. 210), причем воздействие внешних факторов на доминирование оказывается эффективным лишь на ранних стадиях развития гибрида. К числу сортов, полученных этим методом, относится, например, яблоня Славянка, выведенная в результате скрещивания Антоновки с южным сортом Ренетом ананасным.

Особое значение в подборе родительских форм для гибридизации И. В. Мичурин придавал скрещиванию географически удаленных форм, не произрастающих в той местности, где осуществляется гибридизация. Он писал по этому поводу: «Чем дальше отстоят между собою пары скрещиваемых растений-производителей по месту их родины и условиям среды, тем легче приспособляются к условиям среды в новой местности гибридные сеянцы». Этим путем И. В. Мичу-

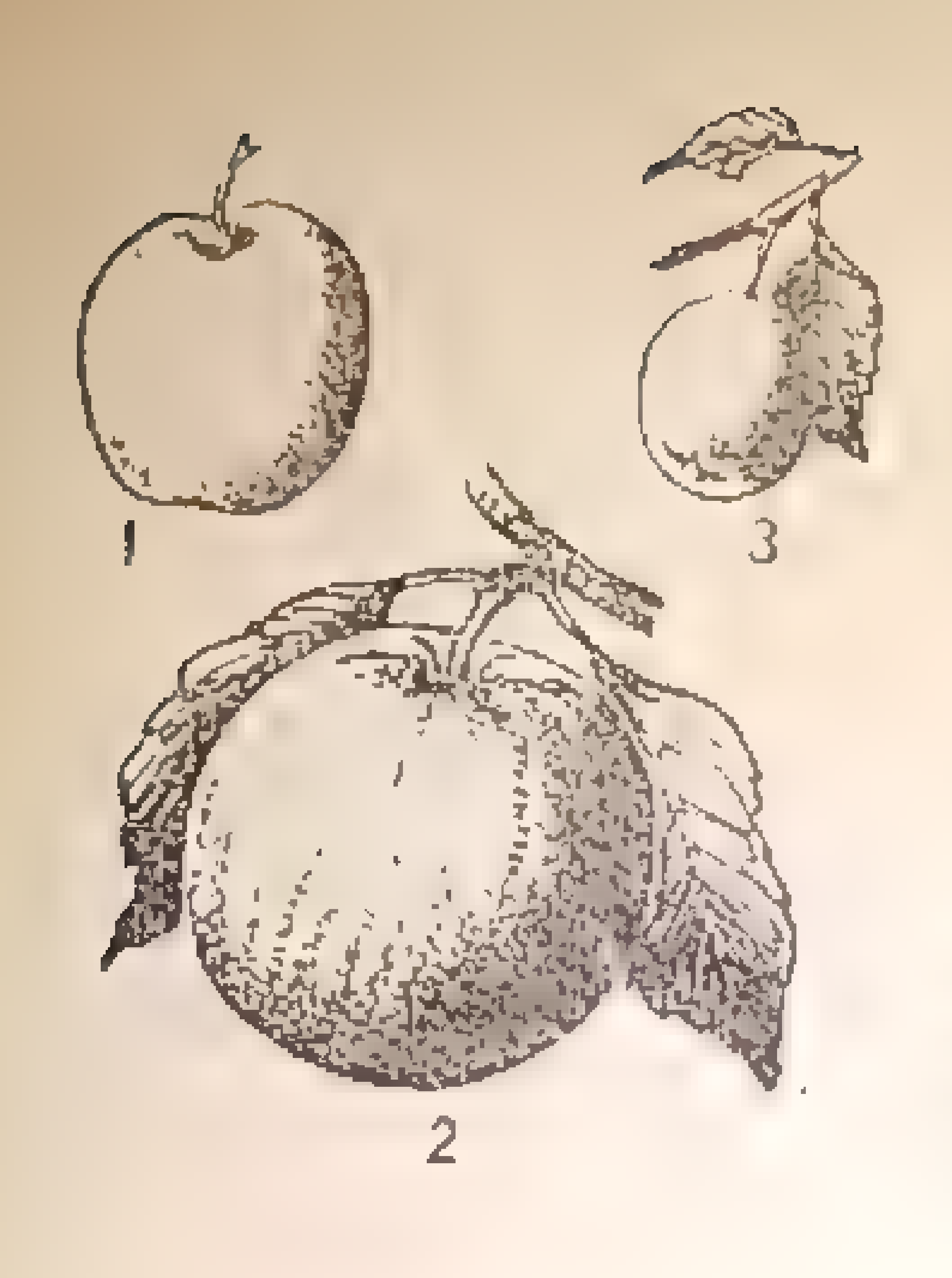




Рис. 143. Мичуринский сорт яблони Бельфлер-китайка.

1 — Бельфлер; 2 — Бельфлер-китайка; 3 — Китайка.

Рис. 144. Мичуринский сорт Бере зимняя Мичурина.

рин создал ряд первоклассных сортов плодовых деревьев. К числу их относится сорт яблони Бельфлер-китайка, полученный в результате гибридизации Китайской яблони родом из Сибири и американского сорта Бельфлера желтого (рис. 143). Китайка характеризуется выносливостью к морозам и стойкостью к болезням, Бельфлер — замечательными вкусовыми качествами плодов. Полученный И. В. Мичуриным новый сорт отличается прекрасными вкусовыми качествами и значительной морозостойкостью.

Широко известный мичуринский сорт груш Бере зимняя Мичурина (рис. 144) был получен в результате гибридизации дикой уссурийской груши и южного французского сорта Бере-рояль.

Среди методов «воспитания», которые разработал И. В. Мичурин, следует указать на *метод ментора*. Сущность его сводится к тому, что признаки развивающегося гибрида изменяются под влиянием привоя или подвоя. Метод этот применялся Мичуриным в двух вариантах. Первый из них сводился к тому, что гибридный сеянец служил привоем и прививался на взрослое плодоносящее растение (подвой), в направлении свойств которого желательно было изменить свойства гибрида. Второй вариант метода ментора заключался в том, что в крону молодого гибридного сеянца, который в данном случае служил подвоем, прививался черенок от того сорта, в направлении которого желательно было изменить свойства гибрида.

Метод ментора был применен И. В. Мичуриным, например, при создании уже упоминавшегося выше сорта яблони Бельфлер-китайка. В первый год плодоношения гибридов, давших начало сорту, оказалось, что по качеству плодов они уклоняются в сторону Китайки, обладающей мелкими кислыми плодами. Чтобы изменить дальнейшее развитие гибрида в желательную сторону, в крону молодых гибридов были привиты черенки Бельфлера, под влиянием которых фор-

мирование признака гибрида в последующие годы пошло в сторону приобретения высоких вкусовых качеств Бельфлера. Этот метод был применен И. В. Мичуриным и при создании некоторых других сортов, но широкого применения он не получил. Влияние ментора следует, очевидно, рассматривать как изменение свойства доминантности в процессе развития гибрида. В данном случае ментор способствовал фенотипическому проявлению (т. е. доминированию) генов, полученных от сорта Бельфлер.

В своей работе И. В. Мичурин применял и отдаленную гибридизацию — скрещивание между разными видами и даже родами и получил таким образом несколько ценных новых плодовых культур.

Им были получены гибриды ежевики и малины, сливы и терна, рябины и сибирского боярышника и ряд других. Для успеха отдаленной гибридизации им был разработан ряд специальных методов, на рассмотрении которых мы здесь не будем останавливаться.

Большинство полученных И. В. Мичуриным сортов представляло собой сложные гетерозиготы. Для сохранения их качеств они размножались вегетативным путем — отводками, прививками и т. п.

Все рассмотренные выше методы в работах Мичурина сочетались с жестким и многократным отбором.

Вопросы и задания

1. Перечислите [illegible] И. В. Мичуриным [illegible] новых [illegible] ных форм плодовых [illegible] культур. 2. Какие преимущества при селекционной работе дает [illegible] отдаленных сортов? 3. Какими [illegible] новыми принципами [illegible] И. В. Мичурин при [illegible] гибридов? [illegible] Какими путями [illegible] изменять характер доминирования признака? [illegible] расщепления признаков в потомстве гибридов?

§ 67. Селекция животных

Общие принципы селекции животных те же, что и растений. И здесь в основе получения новых и улучшения существующих пород лежит наследственная изменчивость и отбор, протекающие на фоне условий среды, наиболее благоприятствующих фенотипическому проявлению желательных признаков. Однако селекция животных обладает и некоторыми особенностями, вытекающими из самой природы животного организма.

У домашних животных существует только половое размножение. Поэтому полностью отпадают формы селекции, связанные с самооплодотворением и вегетативным размножением.

Вторая важная особенность селекции животных заключается в том, что здесь трудно получить такой массовый материал, как это имеет место у растений, каждая отдельная особь представляет значительную ценность, а число особей в потомстве относительно невелико.

Селекционная (племенная) работа с домашними животными и птицами всегда связана с подбором производителей по хозяйственно-ценным признакам.

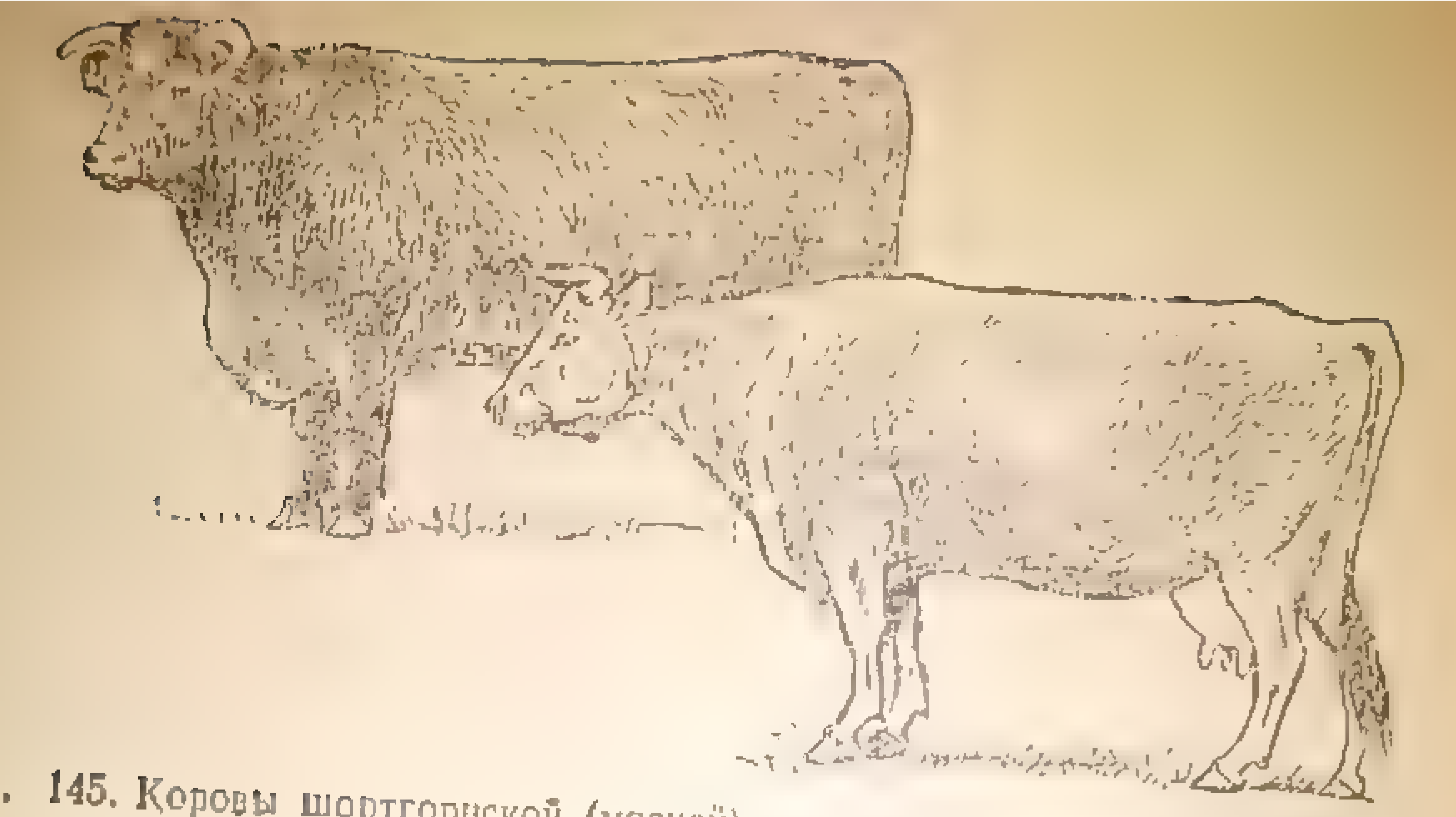


Рис. 145. Коровы шортгорнской (мясной) и джерсейской (молочной) пород.

При селекционной работе с животными очень важное значение приобретает учет экстерьерных признаков. Под экстерьером понимают всю совокупность наружных форм животных, их телосложение, соотношение размеров частей тела. Организм представляет собой целостную систему, все части которой функционально и генетически связаны друг с другом. Развитие многих хозяйственно важных признаков, например молочности, у рогатого скота связано с определенным телосложением, хорошим развитием кровеносной и дыхательной систем и т. п. Поэтому при селекционной работе с животными особенно важно учитывать корреляции (связи) между разными признаками, так как высокая продуктивность по тому или иному признаку связана с определенными экстерьерными особенностями. На рисунке 145 отчетливо видны различия экстерьера между двумя породами крупного рогатого скота: шортгорнской (мясной скот) и джерсейской (молочная порода).

Разные породы неодинаково реагируют на изменение внешних условий, кормление. Например, яйценоские куры леггорн на улучшение рациона отвечают повышением яйценоскости, почти не меняя веса. У мясных пород улучшение питания прежде всего сказывается на увеличении веса.

В племенной селекционной работе важно ясно представлять себе конечную цель, к которой стремится селекционер. Желательно ли увеличить молочную продукцию, повысить жирномолочность или изменить мясные качества скота — все это требует разных направлений отбора и подбора производителей, применения различных систем скрещивания.

Типы скрещивания и методы разведения в животноводстве. Типы скрещивания при селекционной работе с животными разнообразны. Мы рассмотрим некоторые из них. Можно различать два основных

типа скрещивания: неродственное (аутбридинг) и родственное (инбридинг).

Важный момент в подборе производителей представляет учет их родословных. В племенных хозяйствах всегда ведутся племенные книги, в которых подробно учитываются экстерьерные особенности и продуктивность родительских форм в течение ряда поколений. По признакам предков можно судить с известной вероятностью о генотипе производителей, которые участвуют в скрещивании. Например, выбирая быка-производителя для улучшения породы по признаку жирномолочности, нужно учитывать содержание жира в молоке его предков по материнской линии. Если эти показатели были высокими, то вероятно, что и данный производитель несет гены высокой жирномолочности, которые он и передаст потомству.

Неродственное скрещивание в пределах породы или между породами при строгом отборе приводит к поддержанию свойств или улучшению их в ряде следующих поколений.

Близкородственное скрещивание применяется в тех случаях, когда желают перевести большинство генов породы в гомозиготное состояние. *Инбридингом в [illegible] называют скрещивание между братьями и сестрами [illegible] родителями и потомством.* Оно [illegible] известной степени [illegible] самоопылению у растений и, так же как последнее, [illegible] гомозиготности. Причины этого были уже рассмотрены [illegible] 4. Инбридинг должен сопровождаться очень строгим отбором особей, обладающих нужными хозяйственными признаками. [illegible] инбридингом следует пользоваться с осторожностью, [illegible] поставленную цель. При инбридинге часто наблюдается [illegible], потеря устойчивости к действию внешних [illegible] к заболеваниям. Нередко в потомстве проявляются [illegible] и нежизнеспособные формы. Все эти отрицательные проявления инбридинга носят название д е п р е с с и и. Ряд следующих друг за другом инбредных поколений носит название и н б р е д н о й л и н и и. Причины неблагоприятного влияния инбридинга уже были рассмотрены выше в отношении растений (стр. 258).

При селекционной работе инбридинг обычно является лишь одним из этапов улучшения породы. За ним следует скрещивание разных инбредных линий, которое устраняет вредное влияние близкородственного разведения, переводя неблагоприятно действующие гены в гетерозиготное состояние.

Положительной стороной инбридинга является закрепление благоприятных, хозяйственно ценных признаков, которые при дальнейшем разведении сохраняются, если они оказываются общими для обоих производителей.

Гетерозис у домашних животных. Так же как и у растений, у домашних животных наблюдается явление г и б р и д н о й с и л ы, и л и г е т е р о з и с а (стр. 259). Оно заключается в том, что при скрещивании разных пород (а также при межвидовых скрещиваниях) иногда в первом поколении гибридов наблюдается особенно мощное

развитие и поднятие общей жизнеспособности. Это свойство, однако, не сохраняется в последующих поколениях и затухает. Гетерозис широко применяется в животноводстве и птицеводстве, так как первое поколение гибридов, обнаруживающее явление гибридной силы, непосредственно используется в хозяйственных целях. Например, для получения скороспелых свиней (на мясо и сало) применяется скрещивание дюрокджерсейской и беркширской пород.

Вот несколько примеров гетерозиса.

При скрещивании разных пород кур получены следующие результаты по хозяйственно важным показателям[1]:

Порода	Вес в возрасте 75 дней (в процентах к «русской белой»)	Яйценоскость (в год)	Вес яйца в граммах
Русская белая	100	177,7	59,6
Московская	110,2	209,1	58,7
Гибрид	119,8	232,1	61,2

При гибридизации разных пород овец наблюдалось следующее: эдилбаевская порода имела вес (приводятся средние величины) 36,5 кг, дегересская — 35,9 кг, их гибрид (в первом поколении) — 38,9 кг[2].

Испытание производителей по потомству. При селекции домашних животных очень важно бывает определить наследственные качества самцов по признакам, которые непосредственно у самцов не проявляются, как, например, по молочности, жирномолочности у быков или по яйценоскости у домашней птицы. От самца можно получить большое количество потомства, в особенности если применять методы искусственного осеменения. Поэтому для улучшения породы важно знать, какие гены по хозяйственно важным признакам несет самец. Для определения этого используется метод определения качества производителей по потомству. Сначала от производителей получают относительно небольшое количество потомства и сравнивают продуктивность этого потомства с матерями и со средней продуктивностью породы. Если продуктивность дочерей оказывается повышенной, то это указывает на большую ценность производителя, которого следует широко использовать для дальнейшего улучшения породы.

Метод испытания по потомству широко применяется в племенной селекционной работе с животными.

Вопросы и задания

1. Каковы основные особенности селекции животных по сравнению с селекцией растений? 2. Какие основные типы скрещивания и разведения применяются в селекции животных? 3. Что такое испытание родителей по потомству? Какое значение имеет этот метод в селекции животных? 4. Что такое гетерозис? Как он используется в животноводстве?

[1] По работам С. И. Сметнева.
[2] По работам В. А. Бальмонта.

§ 68. Примеры создания высокопродуктивных пород домашних животных

Работы М. Ф. Иванова. Выдающийся советский ученый акад. М. Ф. Иванов создал высокопродуктивную породу свиней — степную белую украинскую свинью (рис. 146). Работы эти проводились в южной части Украины — в Аскании-Нова, в Институте акклиматизации и гибридизации животных.

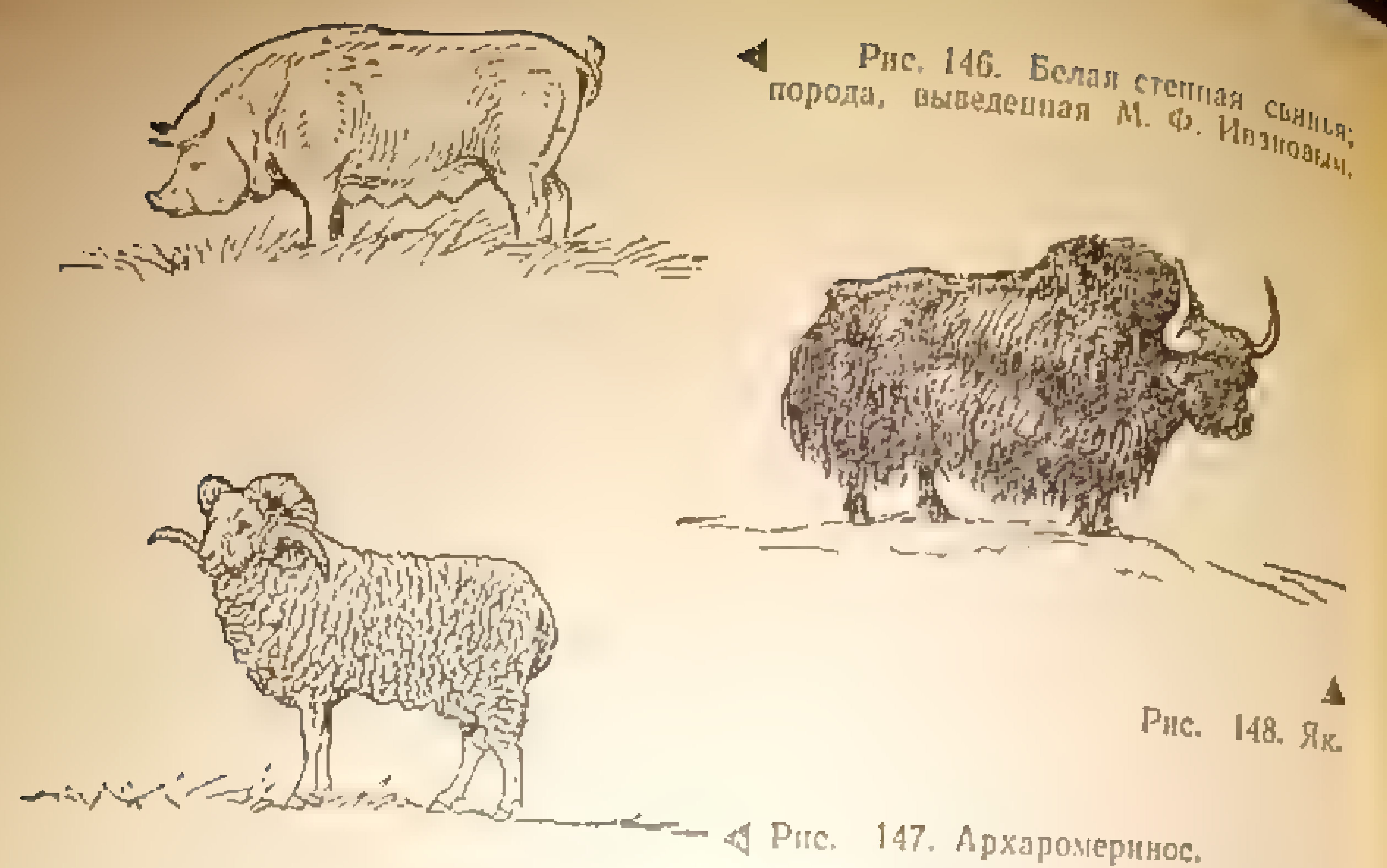
Завезенные на Украину высокопродуктивные белые английские свиньи в условиях юга УССР оказались малоприспособленными к климату, слишком сухому и жаркому в течение лета. С другой стороны, местная беспородная украинская свинья отличалась большой выносливостью, хорошей плодовитостью, неприхотливостью к корму, но обладала плохими мясными качествами.

В качестве исходного материала М. Ф. Иванов взял маток местной породы, которых скрещивал с хряками белой английской породы. Из числа полученных гибридов лучшие животные вновь были скрещены с чистопородными хряками английской породы. Среди полученных животных был выделен один хряк (Асканий 1), особо отличавшийся своими положительными качествами. В его потомстве был применен тесный инбридинг, который привел к обособлению и закреплению признаков создаваемой породы (быстрый рост, высокий вес, высокие качества мяса и др.). На протяжении всех этих скрещиваний все время применялся строгий отбор. Браковались все животные, у которых обнаруживались недостатки. Наряду с линией, бравшей начало от Аскания 1, аналогичным методом были созданы другие линии. В дальнейшем была проведена гибридизация между линиями, также сопровождавшаяся строгим отбором. Этим путем была создана высокопродуктивная, хорошо приспособленная к местным условиям группа животных, которая и положила начало новой породе.

Кроме степной белой свиньи, М. Ф. Ивановым были созданы и другие высокопродуктивные породы домашних животных. Среди них большое значение имеет, например, асканийский рамбулье — порода овец с очень высоким настригом первоклассной шерсти.

В своей селекционной работе М. Ф. Иванов всегда большое внимание уделял условиям содержания и кормления животных, подчеркивая значение условий внешней среды для выявления породных свойств.

Отдаленная гибридизация домашних животных. Отдаленная гибридизация применяется не только в растениеводстве, но и в животноводстве. Так же как и у растений, межвидовые гибриды животных часто бывают бесплодными. Восстановление плодовитости представляет здесь более сложную задачу, так как практически получение полиплоидов на основе удвоения числа хромосом у животных невозможно. В некоторых межвидовых скрещиваниях оба или один пол оказываются плодовитыми, и в этих случаях гибриды могут быть использованы для получения новых форм домашних животных. Однако



◄ Рис. 146. Белая степная свинья; порода, выведенная М. Ф. Ивановым.

▲ Рис. 148. Як.

◄ Рис. 147. Архаромеринос.

и в тех случаях, когда потомство, полученное в результате отдаленной гибридизации, оказывается бесплодным, оно может иметь важное значение для практики. С глубокой древности человеком используются мулы, представляющие собой гибрид кобылицы с ослом. Мулы по сравнению с родительскими формами обнаруживают гетерозис: они очень выносливы, обладают большой физической силой, по продолжительности жизни они значительно превышают родительские виды. Мулы бесплодны. Гетерозис проявляется также при скрещивании двугорбого и одногорбого верблюдов. Гибриды их (одногорбые) обладают исключительной силой и выносливостью.

В Советском Союзе проводится большая работа по межвидовой гибридизации животных. Некоторые уже полученные результаты имеют большое практическое значение.

Успешно завершилось создание новой породы овец в Казахстане на основе гибридизации тонкорунных овец с диким горным бараном — архаром. Гибриды оказались плодовитыми. На основе этой гибридизации при применении различных форм отбора создана новая порода тонкорунных овец — архаромеринос (рис. 147). Стада архаромериносов круглогодично пасутся на высокогорных пастбищах в условиях, при которых не могут существовать давшие им начало тонкорунные овцы — мериносы.

Большая работа ведется по гибридизации яка с рогатым скотом. Як — это домашнее животное высокогорных районов Средней Азии. Он используется как рабочий скот в высокогорных условиях (рис. 148). Як дает небольшое количество молока очень высокой жирности. Мясо его грубое и по вкусу уступает мясу рогатого скота. Гибриды яка и рогатого скота уже давно используются на практике и обнаруживают хорошо выраженный гетерозис. Их мясные и молочные качества значительно выше, чем у яка. У гибридов яка с рогатым

скотом бесплодными оказываются только самцы, самки же плодовиты. Это дает возможность путем скрещивания с исходными видами вести работу по созданию новой породы скота, приспособленной к горным условиям Средней Азии.

§ 69. Селекция микроорганизмов

Микроорганизмы играют важную роль в жизни человека. Многие из них создают вещества, используемые в разных областях промышленности и в медицине. Такие отрасли пищевой промышленности, как хлебопечение, производство спирта, некоторых органических кислот, виноделие и многие другие, основаны на деятельности микроорганизмов. Исключительно большое значение для здоровья человека имеют антибиотики. Это особые вещества — продукты жизнедеятельности некоторых микробов и грибов, убивающие болезнетворные микроорганизмы. Благодаря антибиотикам многие болезни излечиваются относительно легко, тогда как ранее они давали большой процент смертности. Витамины, столь необходимые для человека, вырабатываются растениями и некоторыми микроорганизмами.

Для получения наиболее продуктивных форм микроорганизмов широко применяются методы селекции. Путем отбора выделяются расы микроорганизмов, наиболее активно синтезирующие тот или иной используемый человеком продукт. Микроорганизмам свойственна наследственная изменчивость — мутации. Путем отбора мутаций и создаются наиболее активные расы и штаммы.

Для получения высокопродуктивных штаммов микроорганизмов за последнее время особенно широко используется метод экспериментального получения мутаций путем действия лучей Рентгена и некоторых химических соединений. Таким путем удается повысить наследственную изменчивость микроорганизмов в десятки и сотни раз, благодаря чему облегчается и ускоряется процесс отбора высокопродуктивных штаммов. Особенно больших успехов достигла промышленность антибиотиков. Советские ученые (С. И. Алиханян и др.) получили многочисленные рентгеномутации (наследственные изменения, вызванные действием рентгеновских лучей), которые давали в десятки раз более высокий выход антибиотиков, чем исходные культуры микроорганизмов. В настоящее время почти вся советская промышленность антибиотиков основывается на этих экспериментально полученных мутантных формах.

Селекция находит широкое применение и в отношении микроорганизмов, используемых в промышленности. Например, дрожжевые грибки, вызывающие брожение в тесте, также обладают разными свойствами. На основе селекции выделяются наиболее продуктивные штаммы, способствующие высокому качеству хлеба.

Наконец, нужно иметь в виду, что мутации происходят и у болезнетворных микроорганизмов, вызывающих заболевания человека. Иногда они приводят к повышению вредоносного действия (вирулентности) микроба, что может иметь тяжелые последствия для человека.

Вопросы и задания

1. Как используется инбридинг в селекции животных? Приведите примеры из работ М. Ф. Иванова. 2. Приведите примеры отдаленных гибридов у животных. Имеют ли некоторые из них практическое значение в животноводстве? 3. Приведите примеры селекционной работы с микроорганизмами.

Глава XII
Генетика человека

Законы наследственности, рассмотренные выше в приложении к растениям, животным и микроорганизмам, в полной мере справедливы и для человека. Изучение генетики человека имеет большое значение для медицины и для благополучия человеческого общества. В настоящее время твердо установлено, что существуют болезни, обусловленные наследственными факторами. Правильное распознавание этих заболеваний крайне важно для профилактики и лечения болезней.

§ 70. Методы изучения наследственности человека

Изучение наследственности человека представляет значительные трудности. К человеку неприложимы, разумеется, методы экспериментальной генетики. Человек размножается медленно, и каждая супружеская пара имеет относительно небольшое количество детей. Какие же методы используются в генетике человека и в медицинской генетике, изучающей наследственные заболевания людей? Таких основных методов существует три: 1) генеалогический, 2) близнецовый, 3) цитогенетический. Остановимся кратко на характеристике каждого из них.

Генеалогический метод заключается в изучении родословной людей за возможно большее число поколений. Таким путем удалось установить характер наследования многих признаков человека, в том числе многих наследственных заболеваний. Вот несколько примеров наследуемых по законам Менделя признаков человека:

Доминантные	Рецессивные
Курчавые волосы (у гетерозигот волнистые)	Прямые волосы
Раннее облысение	Норма
Нерыжие волосы	Рыжие волосы
Карие глаза	Голубые или серые
Веснушки	Отсутствие веснушек
Карликовость	Нормальный рост
Полидактилия (лишние пальцы)	Нормальное число пальцев

Генеалогическим методом установлено, что развитие некоторых способностей человека (например, музыкальности, склонности к математическому мышлению и т. п.) также определяется наследственными факторами. Известны многочисленные исторические факты, когда музыкальная одаренность проявлялась в течение многих поколений. Примером может служить известная семья Бахов, где в течение ряда поколений было множество музыкантов, и в их числе знаменитый композитор начала XVIII века Иоганн Себастьян Бах.

Разумеется, в человеческом обществе, где ведущими факторами, определяющими развитие личности, является социальная среда, далеко не всегда способности, обусловленные генотипом, могут проявиться. Эксплуатируемые при капитализме рабочие и крестьяне лишь редко получают возможность реализовать присущее им духовное богатство.

Генеалогическим методом доказано наследование многих заболеваний, к числу их, например, относятся некоторые болезни обмена веществ, в том числе сахарный диабет (рецессивный). Он характеризуется нарушением углеводного обмена и распознается по повышенному содержанию сахара в крови. Существует врожденная (рецессивная) глухота. Некоторые формы [illegible] психического расстройства — шизофрении [illegible] рецессивными. Известны наследственные заболевания, [illegible] рецессивными, а доминантными генами. К числу [illegible], например, наследственная дегенерация роговицы [illegible]. Предрасположенность к заболеванию туберкулезом носит тоже наследственный характер.

Близнецовый метод [illegible] развития признаков у близнецов. И[illegible] близнецы бывают двух категорий. В одних случаях оплодотворяется не одна яйцеклетка, а две (в редких случаях [illegible]). При этом рождаются дети (близнецы) [illegible], похожие друг на друга, как братья и сестры, [illegible]. Но иногда одна яйцеклетка дает начало [illegible] случаях трем, четырем и даже пяти) эмбрионам. [illegible] однояйцевые близнецы, которые всегда относятся к одному полу и обнаруживают поразительное сходство друг с другом. Вероятно, многим приходилось видеть таких близнецов, которых трудно бывает различить. Это понятно, так как они обладают одинаковым генотипом, а различия между ними обусловлены исключительно влиянием условий среды (рис. 149). Изучение однояйцевых близнецов в течение всей их жизни, в особенности если они живут в разных условиях, дает много ценных сведений для суждения о роли среды в развитии телесных и психических свойств человека.

Цитогенетический метод. Большое значение приобрел за последние годы цитогенетический метод, который дал много особенно ценного материала для выяснения причин ряда наследственных заболеваний человека. С генетической точки зрения наследственные заболевания человека представляют собой мутации, большинство которых, как мы видели, рецессивны. Они возникают в половых клетках и рас-



Рис. 149. Четыре однояйцевых близнеца в возрасте 10 лет (четверня Морлок).

пространяются в человеческом обществе, не проявляясь фенотипически до тех пор, пока два одинаковых рецессивных аллельных гена не окажутся в результате оплодотворения в одной зиготе.

Мы уже видели выше, что существует группа хромосомных мутаций, которые выражаются в видимых изменениях числа или структуры хромосом (стр. 244). Вот такие мутации у человека и выявляются цитогенетическим методом. Наличие их может быть установлено при исследовании под микроскопом хромосомных комплексов, которые отчетливее всего видны на стадии метафазы митоза. До недавнего времени изучение хромосом человека представляло большие трудности, так как их у человека [illegible] (диплоидное число — 46, рис. 132) и они невелики. За [illegible] разработаны новые методы, которые позволяют [illegible] изучать хромосомный комплекс любого человека, не [illegible] его вреда.

§ 71. Генетика человека и медицина

Все большее и большее значение приобретает генетика для медицины. Многие отклонения от нормы и болезни человека обусловлены генотипически. Это особенно отчетливо удается установить в тех случаях, когда у человека происходят хромосомные мутации (изменения в числе хромосом). Приведем примеры. Известны случаи, когда в хромосомном комплексе человека оказывается одна лишняя маленькая хромосома и общее число их в диплоидном наборе оказывается 47. Это, казалось бы, незначительное нарушение имеет крайне тяжелые последствия. Развивается заболевание, называемое болезнью Дауна. Оно выражается в том, что больной имеет непропорционально маленькую голову, узкие глазные щели, плоское лицо и резко выраженную умственную отсталость.

Происхождение такого рода хромосомных нарушений связано со случайными отклонениями в ходе редукционного деления при мейозе (стр. 206). При нормальном ходе этого процесса гомологичные хромосомы расходятся в разные клетки, благодаря чему диплоидный хромосомный комплекс становится гаплоидным. Если при редукционном делении обе гомологичные хромосомы одной из пар отойдут к

одному полюсу (вместо того чтобы распределиться между двумя клетками), то получится гамета с одной лишней хромосомой. При слиянии такой гаметы с другой, нормальной получится зигота с одной избыточной хромосомой.

Кроме болезни Дауна, изучено еще свыше 100 нарушений в структуре хромосомного комплекса человека, сопровождающихся отклонениями в нормальном развитии. Многие из них выражаются в тяжелых заболеваниях.

Наследственные заболевания определяются особенностями генотипа. Это не означает, что медицина не может бороться с ними. Если своевременно (в раннем возрасте) обнаружено уклонение в хромосомном аппарате, то возможно лечение (чаще всего сводящееся к действию гормонов), которое частично или полностью устраняет тяжелые симптомы заболевания.

Человек — существо социальное, и внешней средой для него является социальная среда, создаваемая самим человеком и различная в разные эпохи человеческой истории. Социальный фактор прежде всего определяет развитие человеческой личности. Но наряду с этим каждый человек обладает своими биологическими особенностями, определяемыми его генотипом. Люди генотипически различны. В человеческом обществе непрерывно идет процесс мутационной изменчивости, интенсивного генетического расщепления. Эта генетическая неоднородность людей находит свое выражение как в физических признаках (цвет глаз, волос, [illegible] и т. п.), так и в складе характера, одаренности, склонности к определенным формам умственной деятельности.

Генетическая неоднородность человеческого общества отнюдь не означает биологической неравноценности рас (см. гл. V).

Генотипические возможности человека в классовом капиталистическом обществе в большинстве населения не реализуются. Для этого при капитализме нет необходимых социальных условий. Иное дело в социалистическом и будущем коммунистическом обществе при отсутствии эксплуатации человека человеком. При социализме создаются оптимальные возможности для развития каждой отдельной человеческой личности, для полной реализации возможностей, заложенных в генотипе.

Вопросы и задания

1. Какие существуют методы изучения наследственности человека? Перечислите и охарактеризуйте каждый из них. 2. Приведите примеры доминантных и рецессивных признаков человека. 3. Какие вы знаете примеры наследственных заболеваний человека? 4. Какими методами исследуются хромосомные мутации человека? 5. Какое практическое значение для медицины имеет изучение генетики человека?

Глава XIII

Организм и среда

В процессе эволюции и напряженной борьбы за существование организмы освоили самые различные условия среды, и при этом сформировалось все современное разнообразие растений и животных, которое исчисляется примерно двумя миллионами видов. В свою очередь жизнедеятельность организмов оказала громадное влияние на неживую среду, которая усложнялась и эволюционировала вместе с развитием жизни.

Общая картина окружающей нас природы представляет не беспорядочное сочетание различных живых существ, а достаточно устойчивую и организованную систему, в которой каждый вид растений и животных занимает определенное место.

Мы знаем, что любой вид способен к неограниченному размножению и может быстро заселить все доступное ему пространство. Очевидно, что одновременное совместное существование разнообразных живых существ возможно лишь при наличии особых механизмов, регулирующих ход размножения и определяющих пространственное распределение видов и численность особей. Такая регуляция явилась следствием сложных конкурентных и иных взаимоотношений между организмами в процессе их жизнедеятельности. Большую роль при этом играют и влияния со стороны физических условий среды.

Изучение взаимоотношений организмов между собой и между организмами и физической средой обитания составляет содержание раздела биологии, получившего название экологии («ойкос» — жилище, убежище и «логос» — наука, *греч.*).

Экология опирается на обобщения и выводы большинства других разделов биологии, а также наук о Земле.

Экологические закономерности служат научной основой для рационального использования человеком естественных биологических ресурсов и для решения многих хозяйственных задач.

§ 72. Среда и экологические факторы

Организм и факторы среды. В понятие внешней среды входят все условия живой и неживой природы, которые окружают организм и прямо или косвенно влияют на его состояние, развитие, выживание и размножение. Среда всегда представляет собой сложный комплекс различных элементов. Отдельные элементы среды, действующие на организм, называют **экологическими факторами.**

Среди них различают две разные по своей природе группы:

1. **Абиотические факторы** — все влияющие на организм элементы неживой природы. К наиболее важным факторам относятся свет, температура, влажность и другие компоненты климата, а также состав водной, воздушной и почвенной среды.

2. **Биотические факторы** — всевозможные влияния, которые испытывает организм со стороны окружающих его живых существ.

В современную эпоху исключительно большое влияние на природу оказывает деятельность человека, которую можно рассматривать как особый экологический фактор.

В природе внешние условия всегда в какой-то мере изменчивы. Каждый вид в процессе эволюции приспособился к определенной интенсивности экологических факторов и амплитуде их колебания. Возникшие приспособления к конкретным условиям обитания наследственно закреплены. Поэтому, будучи очень целесообразными для среды, в которой исторически сформировался вид, экологические адаптации ограничивают или даже исключают возможность существования в иной обстановке.

Разные экологические факторы, например температура, газовый состав атмосферы, пища, действуют на организм различными путями. Соответственно различны морфологические и физиологические приспособления к ним. Однако результаты влияния любого фактора экологически сравнимы, так как они всегда выражаются в изменении жизнеспособности организма, что в конечном итоге приводит к изменению численности популяции. По степени вызываемых изменений можно оценить силу воздействия данного экологического фактора.

На рисунке 150 показана общая схема влияния на организм интенсивности (количественного значения) экологического фактора. *Интенсивность фактора, наиболее благоприятная для жизнедеятельности, называется оптимальной или оптимумом.* Чем больше отклоняется значение фактора от оптимальной для данного вида величины (как в сторону понижения, так и в сторону повышения), тем сильнее угнетается жизнедеятельность. Границы, за которыми существование организма невозможно, называют нижним и верхним пределами выносливости.

Так как оптимум отражает особенности условий в местах обитания, то он обычно неодинаков у разных видов. В соответствии с тем, какой уровень фактора наиболее благоприятен, можно различать виды: тепло- и холодолюбивые, влаго- и сухолюбивые, приспособленные

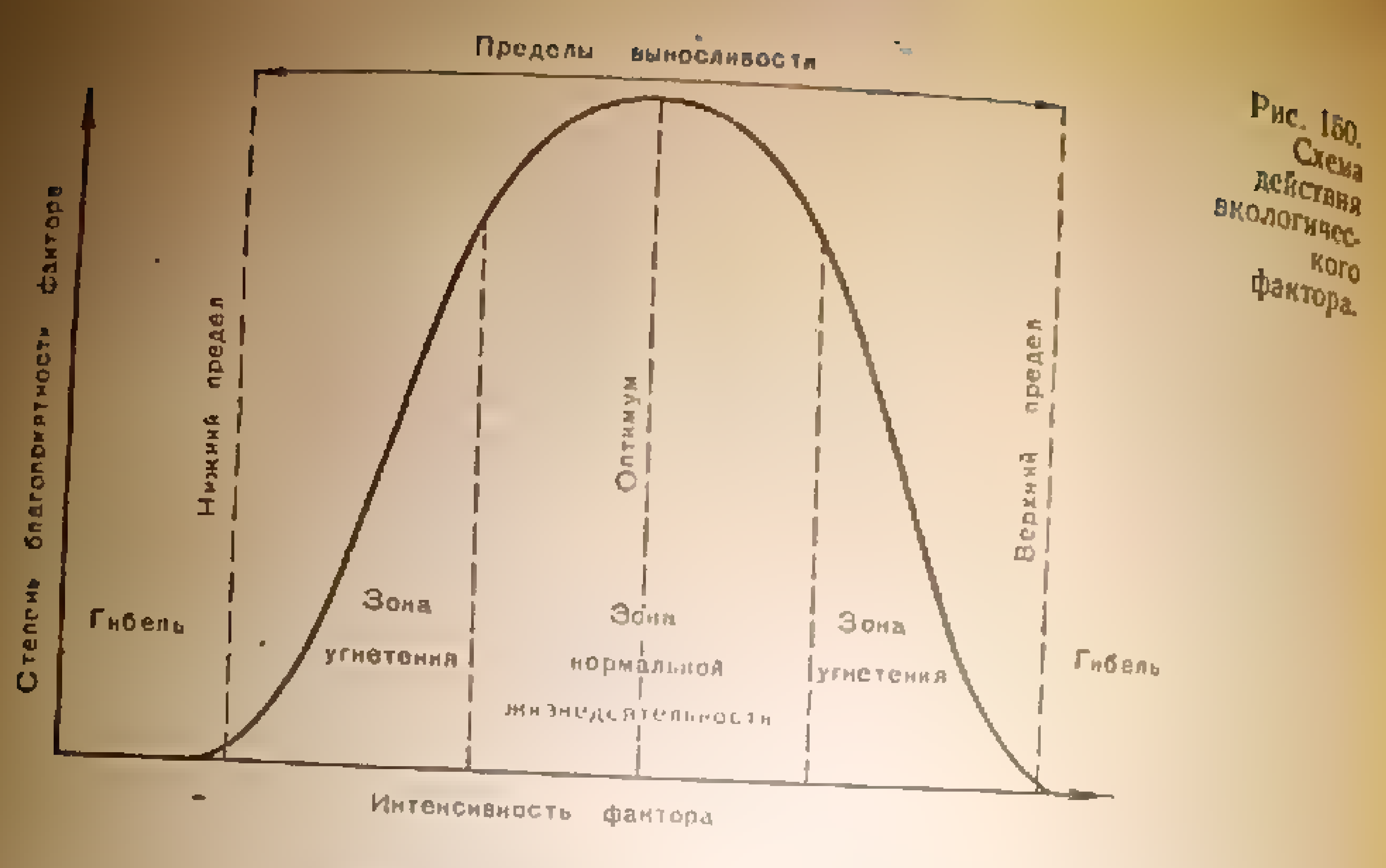


Рис. 160. Схема действия экологического фактора.

к высокой и низкой солености воды, и т. д. Наряду с этим видовые приспособления проявляются также и в выносливости к степени изменчивости фактора. Узкоприспособленными называют виды, выносящие лишь небольшие отклонения фактора от оптимальной величины; широко приспособленными — виды, способные выдерживать значительные изменения данного фактора. Например, большинство обитателей моря узко приспособлено к относительно высокой солености воды, и снижение концентрации солей в воде для них губительно. Обитатели пресных вод также узко приспособлены, но к низкому содержанию солей в воде. Однако есть виды, способные выносить очень большие изменения солености воды, например рыбка трехиглая колюшка, которая может жить как в пресных водах, так и в соленых озерах и даже в морях.

Приспособления к отдельным факторам среды в значительной мере независимы, поэтому один и тот же вид может обладать узкой приспособленностью к одному из факторов, например к солености, и широкой приспособленностью к другому, например к температуре или пище.

Взаимодействие факторов. Ограничивающий фактор. На организм всегда одновременно действует очень сложный комплекс окружающих условий. Результат их совместного влияния не является простой суммой реакций на действие отдельных факторов. Оптимум и границы выносливости по отношению к одному из факторов среды зависят от уровня других. Например, при оптимальной температуре повышается выносливость к неблагоприятной влажности и недостатку пищи. С другой стороны, обилие пищи увеличивает устойчивость организма к изменениям климатических условий.

Однако такая взаимная компенсация всегда ограничена, и ни один из необходимых для жизни факторов не может быть заменен другим.

Поэтому при смене мест обитания или при изменении условий в данной местности жизнедеятельность вида и его способность к конкуренции с другими будет ограничиваться тем из факторов, который сильнее всего отклоняется от оптимальной для вида величины. Если количественное значение хотя бы одного из факторов выходит за пределы выносливости, то существование вида становится невозможным, как бы ни были благоприятны остальные условия.

При изменениях экологической обстановки меняются и соотношения отдельных факторов, поэтому в разных местностях условия, ограничивающие существование, часто оказываются неодинаковыми. Например, распространение многих животных и растений к северу обычно ограничивает недостаток тепла, тогда как на юге ограничивающим фактором для тех же видов может оказаться недостаток влаги или необходимой пищи.

Взаимозависимость организмов и среды. Организм всецело зависит от среды и немыслим без нее. Но в процессе жизнедеятельности и непрерывного обмена веществ со средой растения и животные сами влияют на окружающие условия и изменяют физическую среду. Возникающие в ней изменения в свою очередь вызывают у организмов необходимость новых экологических приспособлений. Масштабы и значение таких изменений [illegible] природы под влиянием деятельности живых существ очень [illegible] вспомнить, что фотосинтез растений привел к [illegible] современной атмосферы, богатой кислородом, которая ст[illegible] из основных условий существования для большинства [illegible] организмов. В результате жизнедеятельности организмов [illegible] почва, к составу и характеру которой приспособились в [illegible] растения и животные. Изменился и климат, и возник[illegible] его особенности — микроклиматы. Влияние организмов на [illegible]ную среду часто служит причиной перестроек сообществ животных и растений.

Вопросы и задания

1. Какие вы знаете основные экологические факторы? 2. Приведите примеры ограничивающего фактора для местных условий.

§ 73. Основные климатические факторы и их влияние на организм

Климат — один из главных компонентов внешней среды, и к нему вынуждены приспосабливаться все организмы. Для жизни наземных растений и животных наибольшее значение имеют три элемента климата: свет, температура и влажность. Важная особенность этих факторов заключается в их закономерной изменчивости как в течение года и суток, так и в связи с географической зональностью. Поэтому и приспособления к ним обычно также имеют закономерный зональный и сезонный характер и во многом сходны у разных групп растений и животных.

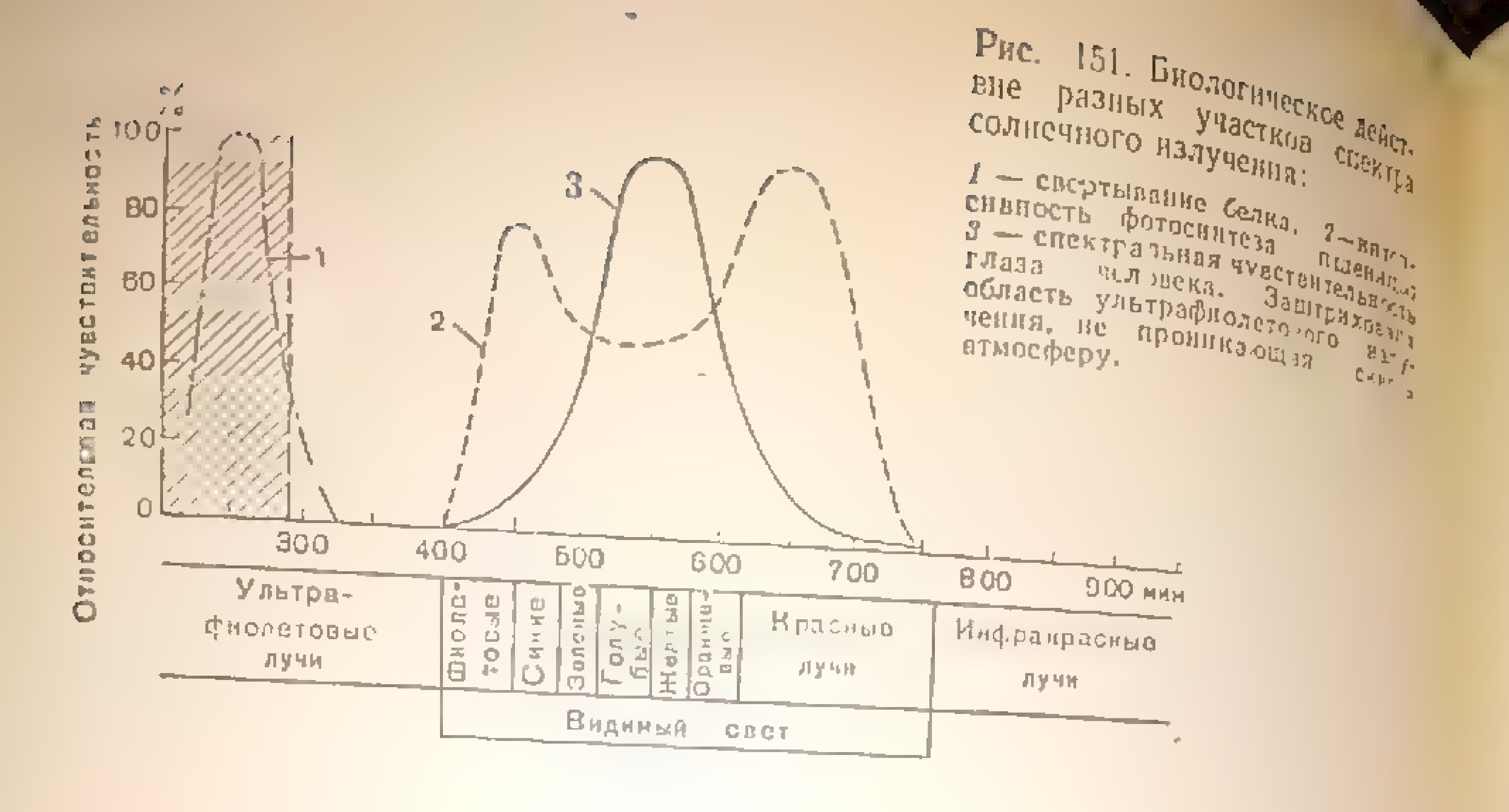


Рис. 151. Биологическое действие разных участков спектра солнечного излучения:

1 — свертывание белка, 2 — интенсивность фотосинтеза пшеницы, 3 — спектральная чувствительность глаза человека. Заштрихована область ультрафиолетового излучения, не проникающая сквозь атмосферу.

Свет. Солнечное излучение служит основным источником энергии для всех процессов, происходящих на Земле. Биологическое действие солнечного излучения разнообразно и обусловлено его спектральным составом, интенсивностью, а также суточной и сезонной периодичностью освещения.

В спектре солнечного излучения выделяются три области, различные по биологическому действию: ультрафиолетовая, видимая и инфракрасная (рис. 151).

Ультрафиолетовые лучи с длиной волны менее 290 *ммк* губительны для всего живого. Жизнь на Земле возможна лишь потому, что это коротковолновое излучение задерживается озоновым слоем атмосферы. До поверхности Земли доходит лишь небольшая часть более длинных ультрафиолетовых лучей (300—400 *ммк*). Они обладают высокой химической активностью и в большой дозе могут повреждать живые клетки. В небольших дозах ультрафиолетовые лучи необходимы человеку и животным. В частности, они способствуют образованию в организме витамина D. Некоторые животные, например насекомые, зрительно различают ультрафиолетовые лучи.

Влияние видимых лучей с длиной волны от 400 до 750 *ммк*, на долю которых приходится большая часть энергии солнечного излучения, достигающего земной поверхности, привело к возникновению у растений и животных ряда очень важных приспособлений.

Зеленые растения синтезируют органическое вещество, следовательно, и пищу для всех остальных организмов за счет энергии именно этой части спектра. Без видимого света существование зеленых растений невозможно.

Все же для животных и бесхлорофильных растений свет не является обязательным условием существования, и многие почвенные, пещерные и глубоководные виды приспособились к жизни в полной темноте.

Для большинства животных видимый свет является одним из важных факторов внешней среды. Он служит сильным раздражителем и принимает участие в регуляции многих физиологических процессов. Особенно важна роль видимого света в поведении и пространственной ориентировке. Даже многие одноклеточные животные отчетливо реагируют на изменение освещенности. У более высокоорганизованных, начиная с кишечнополостных, уже есть специальные светочувствительные органы, а у высших форм (членистоногие, моллюски, позвоночные) параллельно и независимо развились сложные органы зрения — глаза и способность [illegible] восприятия окружающих предметов.

Большинство животных хорошо различают спектральный состав света, т. е. обладают цветовым зрением. Развитие зрения привело к возникновению у животных разнообразных окрасок, помогающих скрываться от врага [illegible]. У растений возникли яркие окраски цветков, привлекающие опылителей, что обеспечило перекрестное опыление.

Инфракрасные лучи с длиной волны более 750 нм, не воспринимаемые глазом человека, являются важным источником тепловой энергии. Ими особенно богат прямой солнечный свет. Эти длинноволновые излучения, поглощаясь тканями животных и растений, вызывают их нагревание. Многие холоднокровные животные (ящерицы, змеи, насекомые) используют солнечный свет для повышения температуры тела, активно выбирая освещенные солнцем места (рис. 152). Световой режим на Земле имеет отчетливую суточную и сезонную периодичность, которая обусловлена вращением Земли. Это оказало влияние на [illegible] животных и растений.

В связи с суточной периодичностью освещения у животных возникали многочисленные приспособления к дневному и ночному образу жизни. При этом у каждого вида активность приходится на определенные часы суток. Также в определенные часы суток открываются цветки многих растений, а у некоторых наблюдаются суточные движения листьев (например, у некоторых бобовых). Почти все внутренние физиологические процессы у растений и животных имеют суточный ритм с максимумом и минимумом в определенные часы.

Большое экологическое значение имеет продолжительность дня. Она сильно изменяется с географической широтой и временем года.

Только на экваторе продолжительность дня круглый год одинакова и равна 12 часам. С удалением от экватора продолжительность дня летнего полугодия прогрессивно увеличивается, а зимнего — сокращается; самый длинный день приходится на 22 июня (летнее солнцестояние), а самый короткий — на 22 декабря (зимнее солнцестояние). За полярным кругом летом наблюдается непрерывный день, а зимой — непрерывная ночь, продолжительность которых у полюсов достигает 6 месяцев. В дни весеннего (21 марта) и осеннего (23 сентября) равноденствия продолжительность дня между полярными кругами всюду равна 12 часам. От продолжительности дня и высоты солнца над горизонтом зависит приток солнечного излучения на земную поверхность,

поэтому с сезонными изменениями светового режима тесно связаны и температурные условия. Вследствие этого продолжительность дня служит важным экологическим фактором, регулирующим периодические явления в живой природе.

Температура. Все химические процессы, протекающие в организме, находятся в большой зависимости от температуры. Белки, нуклеиновые кислоты могут синтезироваться и поддерживаться в активном состоянии только при определенном температурном уровне. Естественно поэтому, что большие изменения термических условий, которые часто наблюдаются в природе, глубоко отражаются на росте, развитии и других проявлениях жизнедеятельности животных и растений. Особенно ясно зависимость от внешней температуры выражена у организмов, не способных поддерживать постоянную температуру тела, т. е. у всех растений и большинства животных, кроме птиц и млекопитающих. Подавляющее большинство наземных растений и животных в состоянии активной жизнедеятельности не переносит отрицательной температуры.

Верхний температурный предел развития неодинаков для разных видов, но редко бывает выше 40—45°. Только немногие виды приспо-

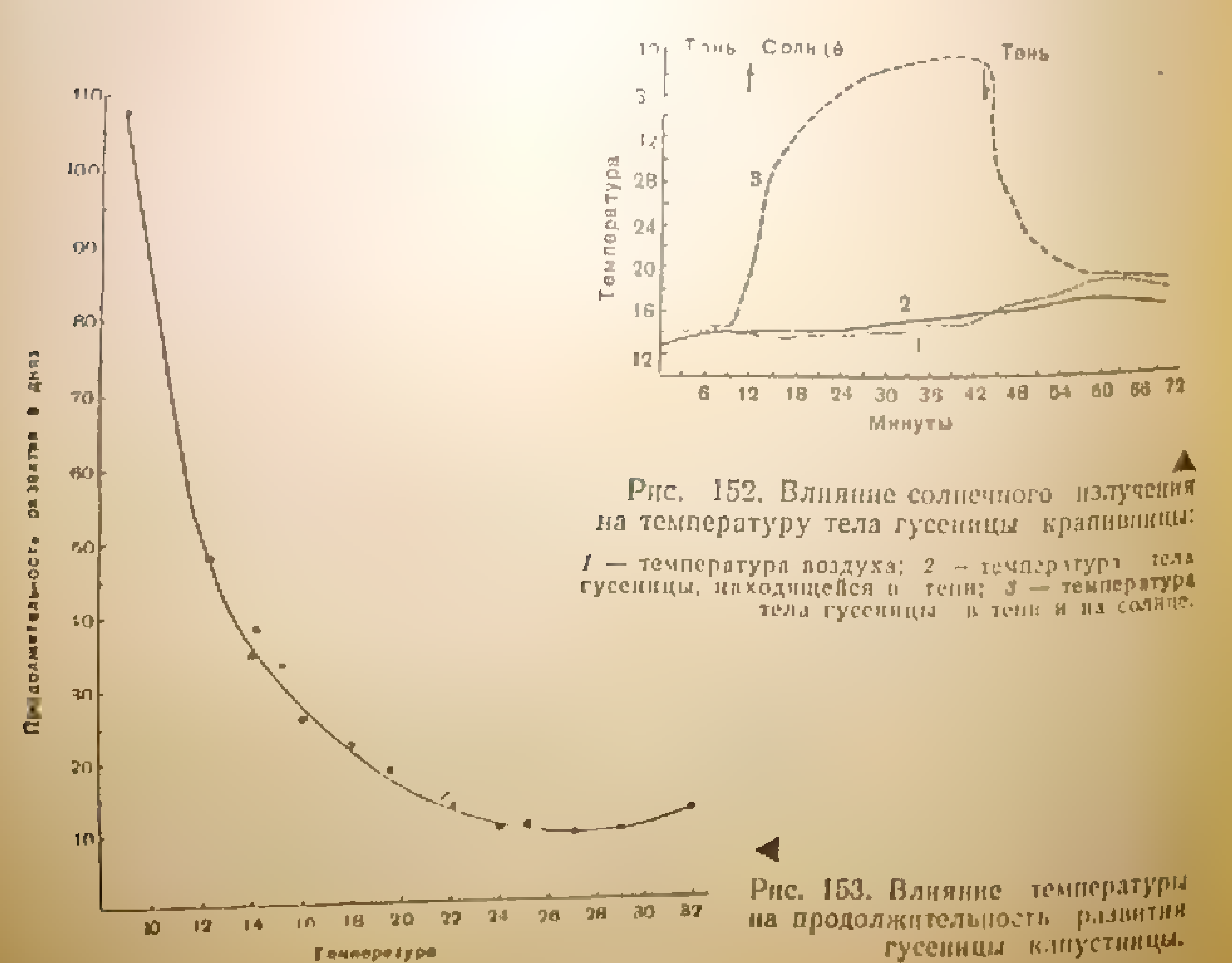


Рис. 152. Влияние солнечного излучения на температуру тела гусеницы крапивницы:

1 — температура воздуха; *2* — температура тела гусеницы, находящейся в тени; *3* — температура тела гусеницы в тени и на солнце.

Рис. 153. Влияние температуры на продолжительность развития гусеницы капустницы.

собились к жизни при очень высокой температуре. Так, в горячих источниках некоторые моллюски живут при температуре воды до 53°, личинки мух-львинок — при 60°, а некоторые сине-зеленые водоросли и бактерии могут жить при 70—85°.

Оптимальная температура для развития зависит от условий, в которых обитает вид; для большинства наземных животных она колеблется в довольно узких пределах (15—30°).

Организмы с непостоянной температурой тела называются пойкилотермными. У них повышение температуры вызывает сильное ускорение всех физиологических процессов. Поэтому, чем выше температура, тем короче время, необходимое для развития отдельных стадий или всего жизненного цикла. На рисунке 153 показана продолжительность развития гусеницы [illegible] при различной температуре. Если при 26° период [illegible] составляет 10—11 дней, то [illegible] увеличивается в 10 раз, т. е. превышает 100 дней [illegible] очень правильный характер.

Установив [illegible] развития данного вида животного или [illegible] температурах, можно с достаточной точностью определить ожидаемые сроки развития в природной обстановке. В природе температура всегда колеблется и часто выходит за уровень, благоприятный для жизни. Это привело к возникновению [illegible] приспособлений, которые [illegible] колебания. Растения, например, при перегреве понижают температуру листа, увеличивая испарение воды через устьица. Животные также могут несколько понижать температуру своего тела за счет испарения воды через дыхательную систему и кожные покровы.

Возможность [illegible] у растений крайне мала, а у пойкилотермных [illegible] у наиболее подвижных видов. [illegible] вследствие усиленной работы мышц [illegible] подниматься выше окружающей на 10—20 и более [illegible] саранчи и крупных бабочек она достигает во время полета [illegible]—40°, но с прекращением полета быстро снижается до уровня температуры воздуха.

Хотя у пойкилотермных организмов проявляется некоторая способность к терморегуляции, но она настолько несовершенна, что температура их тела зависит главным образом от температуры окружающей среды. Только у некоторых общественных насекомых, особенно у пчел, возник более эффективный способ поддержания температуры путем коллективной терморегуляции. Каждая отдельная пчела не способна сохранять постоянную температуру тела, но десятки тысяч пчел, составляющих семью, выделяют так много тепла, что в улье может поддерживаться постоянная температура 34—35°, необходимая для развития личинок.

Наиболее совершенной терморегуляцией обладают птицы и млекопитающие, т. е. теплокровные животные. Способность поддерживать постоянную температуру своего тела — экологически очень важное

приспособление, которое обеспечило значительную независимость высших животных от термических условий среды. У большинства птиц температура тела несколько выше 40°, а у млекопитающих обычно несколько ниже. Она сохраняется на постоянном уровне независимо от колебаний температуры окружающей среды. Так, при морозах около 40° температура тела песца составляет 38°, а у белой куропатки — 43°, т. е. выше окружающей среды почти на 80°. У примитивных австралийских млекопитающих — утконоса и ехидны — терморегуляция развита слабо, и температура их тела сильно зависит от окружающих условий (рис. 154). Несовершенна терморегуляция также у мелких грызунов и детенышей большинства млекопитающих.

Для существования животных в изменчивых условиях среды большое значение имеет не только способность к терморегуляции, но и поведение: выбор места с более благоприятной температурой, активность в определенное время суток, постройка специальных убежищ и гнезд в более благоприятном микроклимате и т. д. Так, летом многие обитатели степей и пустынь на жаркое время скрываются в норы, под камни, зарываются в песок, избегая перегрева. Весной и осенью, когда температура невысока, те же виды выбирают наиболее теплые, прогреваемые солнцем места.

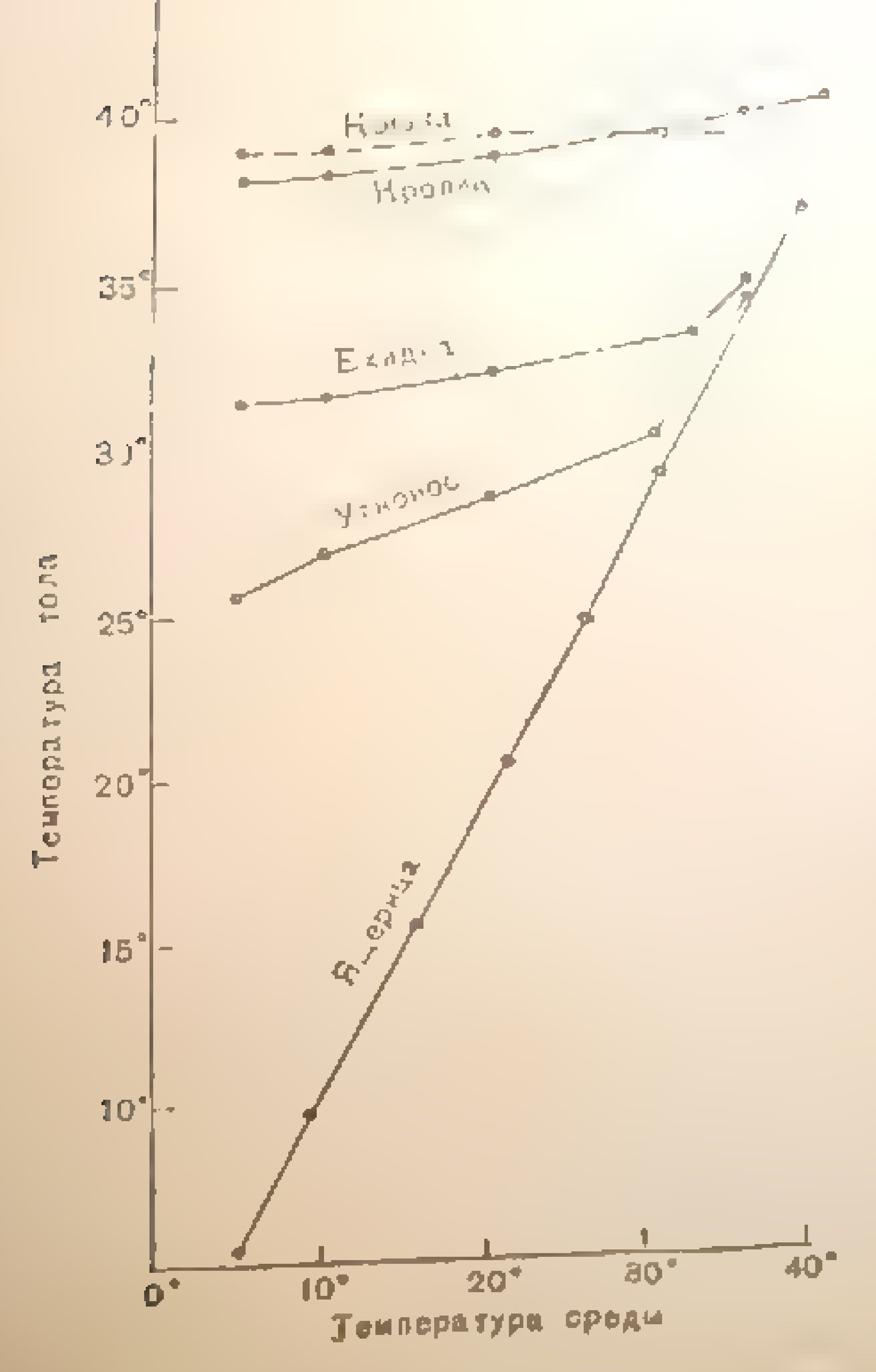


Рис. 154. Зависимость температуры тела различных животных от температуры воздуха.

Температура, как и световой режим, от которого она зависит, закономерно изменяется в течение года и в связи с географической широтой.

На экваторе температура, как и продолжительность дня, очень постоянна и круглый год держится на уровне, близком к 25°. С удалением от экватора годовая амплитуда температуры увеличивается. При этом летняя температура с повышением географической широты изменяется гораздо меньше, чем зимняя.

Летом температура во всех пунктах остается в пределах обычной нормы. Следовательно, для существования жи-

тотных и растений в климате умеренных и северных широт основное значение имеют приспособления не к температурным условиям лета, а к отрицательным температурам зимы.

Влажность. Вода, как мы видели (стр. 137), играет исключительно важную роль в жизнедеятельности клетки. Поэтому поддержание водного баланса на достаточно постоянном уровне составляет одну из основных физиологических функций любого организма.

Роль влажности как экологического фактора для наземных организмов обусловлена тем, что осадки (а соответственно влажность воздуха и почвы) распределяются на земной поверхности в течение года очень неравномерно. Так как большинство наземных животных и растений влаголюбивы, то недостаток влажности часто оказывается причиной, ограничивающей их жизнедеятельность и географическое распространение.

Приспособления к недостатку влаги особенно ярко выражены у обитателей засушливых степей и пустынь.

У многолетних пустынных растений получение необходимого количества воды обеспечивается сильным развитием корневой системы, иногда очень длинной (у верблюжьей колючки до 16 м), достигающей влажного слоя, или [illegible] разветвленной, что позволяет собирать воду с большой площади.

Важным приспособлением [illegible] также повышенное осмотическое давление клеточного сока (до 40—80 атмосфер), которое увеличивает сосущую силу корней и способствует удержанию воды в тканях. Поддержание баланса обеспечивается снижением испарения воды. Это достигается [illegible] строения листа как основной испаряющей поверхности. У пустынных растений наблюдается утолщение кутикулы листа, развитие на ней воскового слоя или густого опушения. Очень характерно также уменьшение листовой пластинки, превращение листьев в колючки, а часто и полная потеря листьев (саксаулы, джузгун, тамариксы и др.). Фотосинтез у таких видов осуществляется зелеными стеблями. Своеобразно приспособление к сухости кактусов, солянок, агав, некоторых молочаев, которые способны накапливать в тканях большое количество воды и очень экономно ее расходовать.

Большинство животных пустыни может обходиться без питьевой воды; те же виды, которым она необходима, отличаются способностью к быстрому и продолжительному бегу (кулан, верблюд, антилопы, джейран, сайга), что позволяет им совершать дальние миграции на водопой. Источником влаги для грызунов, пресмыкающихся, насекомых и других мелких животных служит пища. При этом очень важную роль в поддержании водного баланса имеет так называемая метаболическая вода, образующаяся в организме при окислительных реакциях. Особенно много метаболической воды дает окисление жира (107 *г* воды на 100 *г* жира). Поэтому характерные для многих обитателей пустыни обильные жировые отложения служат своеобразным резервом воды в организме, например: горб у верблюда, подкожные отложения жира у грызунов, жировая ткань насекомых. Защитой от потерь

воды испарением у животных служит малая проницаемость наружных покровов тела. Очень важную роль играют также особенности поведения: большинство обитателей пустыни избегает иссушающего действия низкой влажности воздуха, как и перегрева, путем перехода к ночному образу жизни или скрываясь в норах, полостях почвы или зарываясь в песок.

Совершенно иной тип приспособления к недостатку влаги наблюдается у многих растений и животных, обитающих в условиях периодической сухости. У них возникает особое состояние физиологического покоя, которое характеризуется остановкой роста и развития, резко сниженным обменом, а у животных также более или менее полным прекращением двигательной активности и питания.

Состояние покоя у многолетних растений часто сопровождается летним сбрасыванием листьев или полным отмиранием надземных частей. Последнее особенно типично для степных и пустынных эфемерных растений (тюльпаны, песчаные осоки, мятлик луковичный), которые быстро развиваются ранней весной, сохраняясь большую часть года в виде покоящихся луковиц или корневищ.

Некоторые пустынные грызуны и черепахи с наступлением жаркого и сухого периода, когда выгорает растительность, впадают в летнюю спячку, продолжающуюся несколько месяцев. Покоящиеся стадии насекомых и других беспозвоночных обычно отличаются пониженным содержанием воды в теле, а некоторые виды способны полностью высыхать, не теряя жизнеспособности. Такое состояние называется анабиозом. Оно служит классическим примером временной остановки жизненных процессов.

Вопросы и задания

1. В чем выражается биологическое воздействие ультрафиолетовых, видимых и инфракрасных лучей на организм? 2. Какими путями пойкилотермные организмы приспосабливаются к неблагоприятным температурным условиям среды? 3. Приведите примеры приспособления животных и растений к недостатку влаги.

§ 74. Приспособления растений и животных к сезонному ритму внешних условий

Сезонная периодичность относится к числу наиболее общих явлений в живой природе. Она особенно ярко выражена в наших умеренных и северных широтах. В основе внешне простых и хорошо знакомых нам сезонных явлений лежат очень сложные приспособительные реакции ритмического характера, которые выяснены сравнительно недавно.

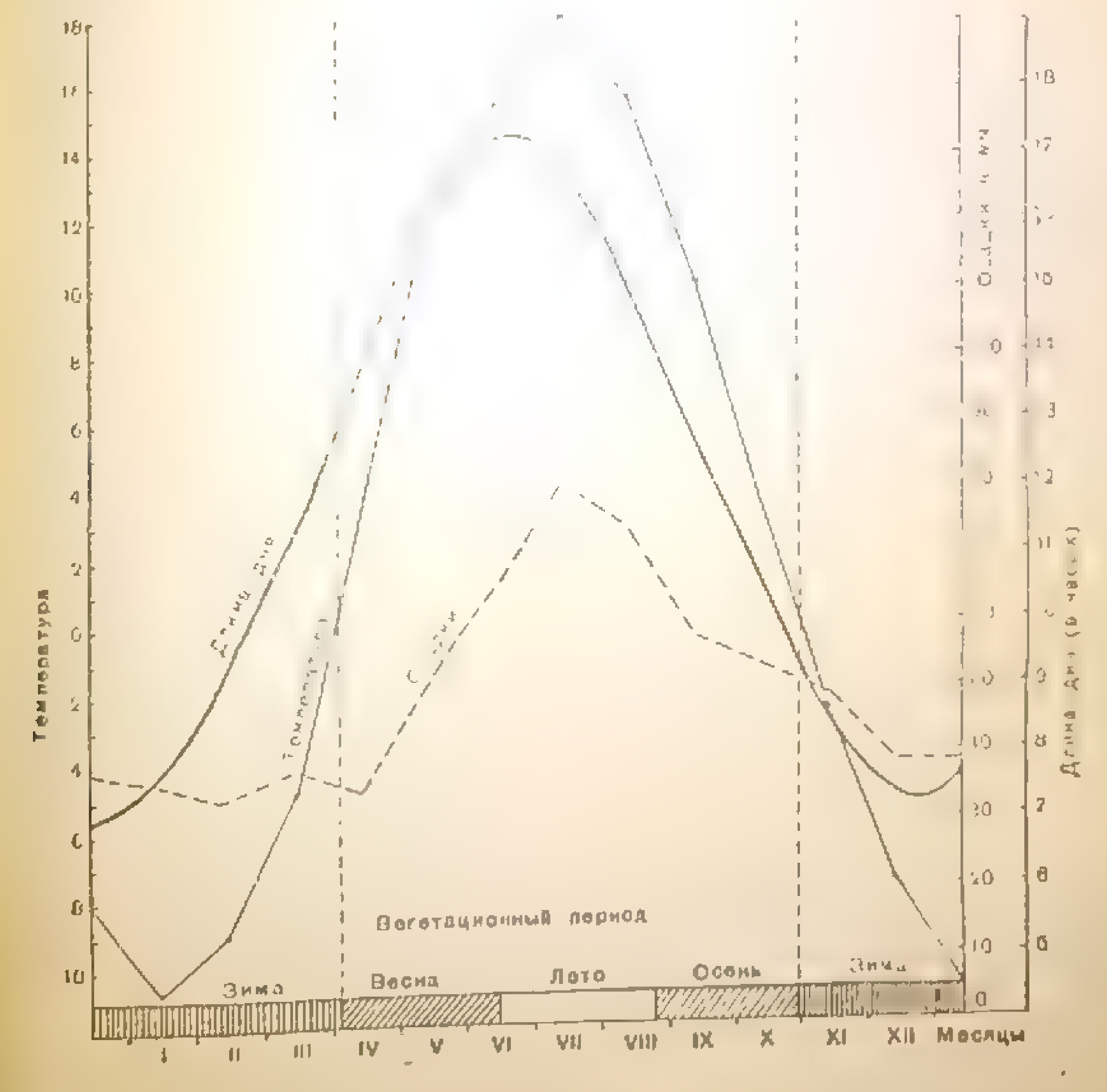
Сезонность в природе. В качестве примера возьмем сезонную периодичность в центральных районах нашей страны (рис. 155). Здесь ведущее значение имеет годовой ход температуры. Период, благоприятный для развития, продолжается около шести месяцев. В течение этого срока проходит смена основных фенологических явлений в живой природе.

Признаки весны появляются, как только начинает сходить снег. Еще не распустив листья, зацветают некоторые ивы, ольха, лещина, на проталинах даже сквозь снег пробиваются ростки первых весенних растений; прилетают перелетные птицы, появляются перезимовавшие насекомые. Когда прекратятся регулярные ночные заморозки и среднесуточная температура устойчиво превысит 0, +5°, начинается бурное развитие всей растительности.

В это время даже небольшие заморозки сильно повреждают растения, вызывают гибель многих насекомых. Это показывает, что большинство пойкилотермных организмов в состоянии активного роста и развития не способно переносить даже кратковременное действие отрицательной температуры, хотя зимой они выдерживали сильные морозы.

В середине лета, несмотря на очень благоприятную температуру и обилие осадков, рост деревьев и многих других растений замедляется или полностью прекращается. Значительно уменьшается количество

Рис. 155. Сезонные изменения длины дня, температуры и количества осадков в окрестностях Москвы.



цветущих растений. Заканчивается период размножения у птиц. Вторая половина лета и ранняя осень — период созревания плодов и семян у большинства растений и накопления питательных веществ в их тканях.

В это время уже заметны признаки подготовки к зиме. Формируются зимующие почки и одревесневают побеги на деревьях; идет усиленный отток питательных веществ из листьев в стебли, корни и другие зимующие органы. У птиц и млекопитающих начинается осенняя линька; перелетные птицы сбиваются в стаи. Подготовка к зиме заканчивается отмиранием и опадением листьев растений, отлетом многих птиц, исчезновением насекомых и других беспозвоночных. Еще до наступления устойчивых морозов в природе уже наступает период зимнего покоя.

Состояние зимнего покоя. Холодостойкость. Состояние зимнего покоя особенно выражено у организмов, не способных поддерживать собственную температуру тела, т. е. у растений, всех беспозвоночных животных и низших позвоночных. Зимний покой не просто остановка развития, вызванная низкой температурой, а очень сложное специальное приспособление. У каждого вида состояние зимнего покоя наступает лишь на определенной стадии развития. Так, у растений (в зависимости от вида) зимуют семена, надземные части с покоящимися почками, а у некоторых травянистых растений — прикорневые розетки листьев. У очень многих зимуют лишь подземные части: корни, корневища, клубни или луковицы. Также на разных стадиях развития наступает зимний покой у различных насекомых. Например, малярийный комар и кровососущий комар — в стадии взрослого насекомого, капустница — в стадии куколки, непарный шелкопряд — в стадии яйца.

Зимующие стадии растений и животных имеют много сходных физиологических особенностей. Даже при повышенной температуре зимующие организмы обычно не развиваются или рост у них сильно замедлен. Значительно снижена интенсивность обмена; например, дыхание семян едва уловимо, а покоящиеся стадии насекомых потребляют в несколько раз меньше кислорода, чем при активном развитии. Ткани организмов, находящихся в состоянии зимнего покоя, содержат много запасных питательных веществ, особенно жиров и углеводов, за счет которых поддерживаются процессы обмена в течение зимовки. Обычно уменьшается количество воды в тканях, особенно в семенах, зимних почках растений. В соках тела увеличивается содержание веществ, повышающих устойчивость зимующих организмов к замерзанию и защищающих цитоплазму от повреждения при температуре ниже 0°. Благодаря всем этим особенностям покоящиеся стадии в отличие от развивающихся способны длительно переживать суровые условия зимовки. Стадия зимнего покоя служит одним из приспособлений пойкилотермных организмов к температурной сезонности климата умеренных и северных широт.

Наблюдения показывают, что морозостойкость растений и насекомых усиливается в течение зимы (рис. 156). Следовательно, организм

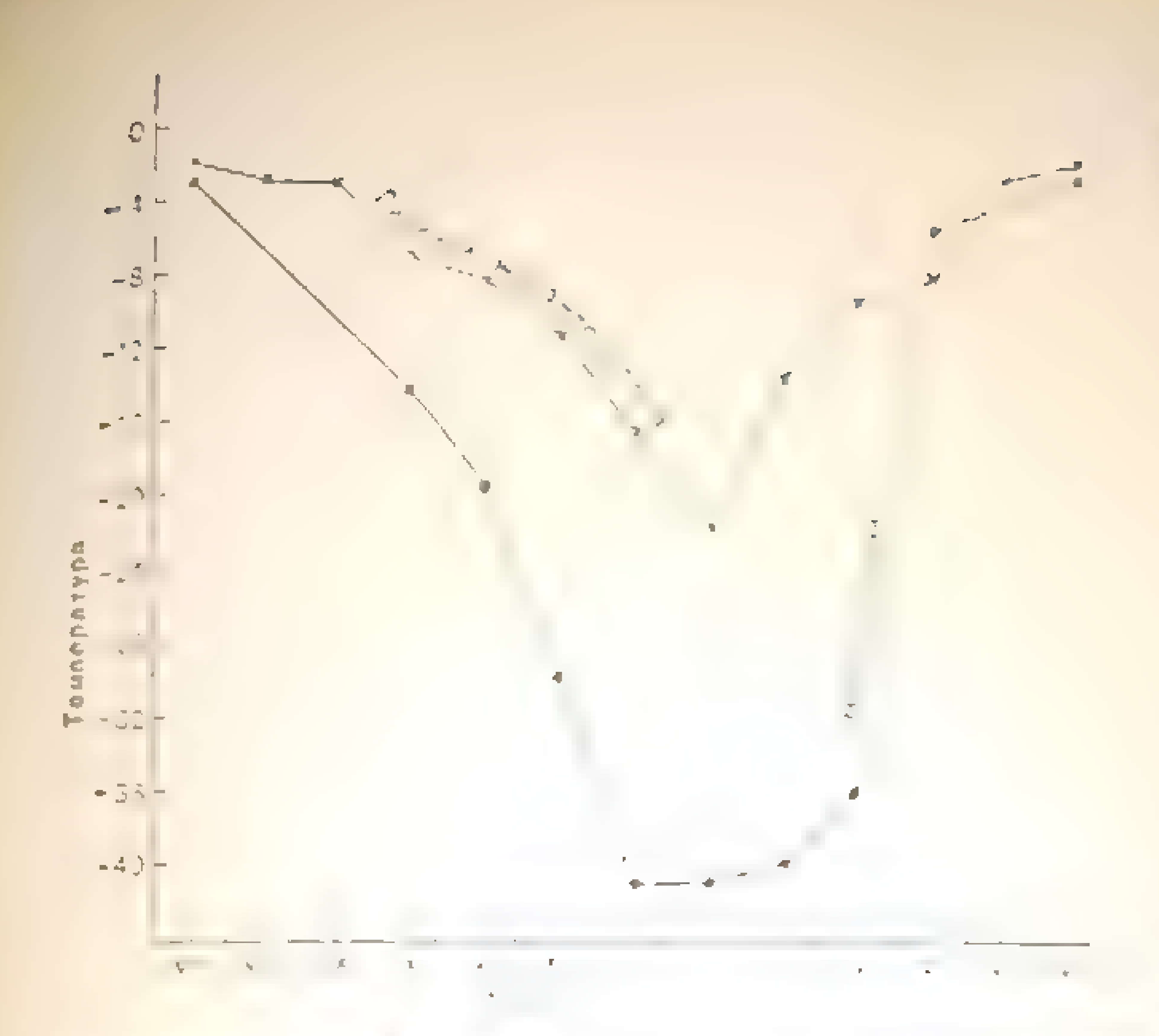


Рис. 156 Изменение холодостойкости в течение зимовки.

в течение осени и [illegible] (снижении) температуры. Это [illegible] Первый этап происходит [illegible] температурах между 0 и 6°. При этом у [illegible] в клетках переходит в коллоидное состояние, а [illegible] сахара и жира, что увеличивает морозо[illegible] слабых морозов (до 5°) происходит второй [illegible]. В это время в межклетниках образуются кристаллы [illegible] свободную воду из клеток, которые благодаря [illegible] более устойчивыми к сильным морозам.

Сходные явления [illegible] наблюдаются у многих [illegible] насекомых. При [illegible] в тканях образуется свободный глицерин, который [illegible]. Благодаря этому насекомые переживают зиму в переохлажденном, незамерзшем состоянии, а при образовании льда в клетках погибают. Так, куколки капустницы замерзают только при температуре ниже 20—25° мороза, а личинки короеда-заболонника — при 33°. Однако некоторые насекомые, например гусеницы кукурузного мотылька, даже после образования льда в клетках тела остаются живыми.

В результате изучения морозостойкости и процессов закаливания удалось добиться выживания некоторых растений и животных при температуре гораздо ниже той, которая бывает на Земле. Так, ветви березы и яблони после закаливания выдерживали температуру жидкого азота (—196°), а смородина росла после пребывания в жидком водороде (—253°). Семена многих растений сохраняют всхожесть после охлаждения до температуры, близкой к абсолютному нулю. Такой же устойчивостью к охлаждению отличаются споры бактерий. Некоторые виды насекомых переносили температуру до —196°.

При таких низких температурах обмен веществ в организме невозможен. Следовательно, глубокое охлаждение вызывает временную обратимую остановку жизни. Такое состояние обратимой остановки жизненных процессов называют анабиозом. Изучение этого явления особенно важно в связи с проблемами космической биологии.

Приспособление к зимовке у теплокровных. У позвоночных животных — птиц и млекопитающих — состояние полного анабиоза вызвать не удается. Они совершенно не выдерживают замерзания и не приспособлены к переохлаждению. Поэтому у них выработались иные приспособления к зимнему времени года. Одним из них является осенняя линька. У млекопитающих летняя шерсть сменяется более густой и длинной, с обильным подшерстком, а у птиц образуется пух. Это уменьшает теплоотдачу и облегчает поддержание постоянной температуры тела. Часто при осенней линьке меняется окраска с темной на светлую или даже белую, менее заметную зимой (заяц-беляк, белка, ласка, горностай, полярная куропатка и др.)

Малая теплопроводность зимнего меха и оперения позволяет многим видам сохранять активность в течение холодного времени года. Зимняя активность возможна лишь у тех видов зверей и птиц, которые могут прокормиться в это время.

Но так как пищевые и температурные условия зимой неблагоприятны, то даже у таких видов размножение обычно прекращается.

Животные, для которых корма зимой недостаточно, впадают в спячку (летучие мыши, многие грызуны, барсуки, медведи). Состояние спячки очень похоже на зимний покой пойкилотермных организмов. При спячке также резко снижаются все процессы обмена. У водоплавающих, насекомоядных и многих других птиц, которые не могут прокормиться зимой, возникли сезонные миграции. Некоторые виды, например грачи, дрозды, снегири, откочевывают недалеко от мест гнездования — в районы с менее суровой зимой. Другие совершают дальние перелеты, иногда на тысячи километров — до тропических стран или даже в южное полушарие.

§ 75. Факторы, управляющие сезонным развитием. Фотопериодизм

У растений и животных в течение года происходят глубокие изменения физиологического состояния, связанные с сезонной сменой климатических условий. У каждого вида выработался в процессе естественного отбора характерный для него годичный цикл с определенной последовательностью и длительностью периодов интенсивного роста и развития, размножения, подготовки к зиме и зимовки. Совпадение каждой из фаз жизненного цикла с временем года, к условиям которого эта фаза приспособлена, имеет решающее значение для существования вида. Если, например, морозостойкие покоящиеся стадии не сформируются к зиме, то такие особи неизбежно погибнут. Также необходима для выживания растений своевременность цветения и образования семян.

Рис. 157. Влияние длины дня на рост сеянцев березы:

1 — содержавшиеся при непрерывном освещении не впадают в состояние покоя и не сбрасывают листьев; 2 — при коротком дне прекращается рост и сеянцы сбрасывают листья.



Наиболее заметна связь всех фенологических явлений с сезонным ходом температуры. Но хотя температура действительно влияет на скорость многих жизненных процессов, все же не она служит главным регулятором сезонных явлений в природе. Весной и осенью при одинаковой температуре фенологические явления имеют противоположную направленность. Подготовка к зиме всегда происходит заблаговременно и часто начинается еще летом, когда температура достаточно высока. Если выращива[illegible] древесных пород в оранжерее при постоя[illegible] года температуре, но при естественно изменяющемся освещении, то осенью они впадают в состояние покоя и сбрасывают листья. Озимые злаки в таких условиях не колос[illegible] температуре впадают в зимующее состоя[illegible] и появляется стремление к перелету [illegible] другие условия, а не температура влияют на сезонное состояние организма.

В регуляции се[illegible] большинства растений и животных главная роль [illegible] продолжительности дня. Реакция на продо[illegible] получила название фотопериодизма.

Значение фото[illegible] опыта, показанного на рисунке 157. При искус[illegible] точном освещении или продолжительности дня более 15 час[illegible] березы растут непрерывно, не сбрасывая листьев. Но при о[illegible] 10 или 12 часов в сутки рост сеянцев даже летом прекращается, и вскоре происходит сбрасывание листьев и наступает зимний покой, как под влиянием короткого осеннего дня. Многие наши листопадные древесные породы — ива, белая акация, дуб, граб, бук — при длинном дне также становятся вечнозелеными.

Продолжительность дня определяет не только наступление зимнего покоя, но и другие сезонные явления у растений. Так, длинный день способствует образованию цветков у большинства наших дикорастущих растений. Такие растения называются **длиннодневными**. Из культурных к ним относятся рожь, овес, большинство сортов пшеницы и ячменя, лен. Однако некоторые растения, преимущественно южного происхождения, например хризантемы, георгины, для цветения нуждаются в коротком дне. Поэтому они зацветают

у нас лишь в конце лета или осенью, когда сокращается день. Растения такого типа называются **короткодневными**.

Так же сильно сказывается влияние длины дня и на животных. У насекомых и клещей длина дня обусловливает наступление зимнего покоя. Так, при содержании гусениц капустницы в условиях длинного дня (более 15 часов света) из куколок вскоре выходят бабочки и без перерыва развивается последовательный ряд поколений. Но если гусениц содержать при дне короче 14 часов, то даже весной и летом получаются зимующие куколки, которые не развиваются в течение нескольких месяцев, несмотря на достаточно высокую температуру. Подобный тип реакции объясняет, почему в природе летом, пока день длинный, у насекомых может развиваться несколько поколений, а осенью развитие всегда останавливается на зимующей стадии.

У большинства птиц весенний удлиняющийся день вызывает развитие половых желез и возникновение гнездовых инстинктов. Осеннее сокращение дня вызывает линьку, накопление запасных жиров и стремление к перелету.

Таким образом, *фотопериодизм является общим, важным приспособлением, регулирующим сезонные явления у самых различных организмов.*

Почему именно сезонные изменения длины дня приобрели такое большое значение в жизни растений и животных? Поясним это на примере формирования зимующих стадий. Они специально приспособлены к переживанию холодного времени года. Но подготовка к зимнему покою требует длительного времени для физиологической перестройки организма и накопления необходимого запаса в тканях питательных веществ. Поэтому она должна начинаться задолго до наступления холодов. Следовательно, для организма необходим заблаговременный и точный сигнал о приближении зимы.

Изменение длины дня всегда тесно связано с годовым ходом температуры и предшествует ее изменению; вслед за укорочением дня понижается и температура. В течение года длина дня изменяется строго закономерно и не подвержена случайным колебаниям, как другие экологические факторы. Поэтому она служит астрономически точным предвестником сезонных изменений температуры и других внешних условий. Это объясняет, почему в самых разных группах организмов в процессе эволюции независимо выработались специальные фотопериодические реакции, управляющие сезонным развитием. Для организмов изменение длины дня служит как бы астрономическим календарем, в соответствии с которым определяются сроки размножения, роста и подготовки к зиме.

Для возобновления развития зимующих растений, насекомых и других организмов обычно необходимо длительное пребывание на холоде. В течение зимовки в организме происходят внутренние физиологические процессы, в результате которых снова становится возможным интенсивное развитие. Процесс физиологического преодоления зимнего покоя скорее проходит в условиях низких, но положитель-

ных температур (от 0 до 10°) и тормозится отрицательными, а также высокими температурами. Для преодоления покоя каждый вид нуждается в определенной длительности и глубине зимнего охлаждения. В результате протекающих на холоде процессов перезимовавшие растения и животные оказываются уже готовыми к интенсивному развитию весной.

«Биологические часы». Изучение фотопериодизма растений и животных показало, что реакция организмов на свет основана не просто на количестве получаемого света, а на чередовании в течение суток периодов света и темноты определенной длительности. Реакция организмов на продолжительность дня и ночи показывает, что они способны измерять время, т. е. обладают какими-то «биологическими часами». Сейчас уже доказано, что способностью измерять время обладают все виды живых существ — от одноклеточных до человека.

«Биологическими часами», кроме сезонных циклов, управляются также многие другие биологические явления, природа которых еще недавно оставалась загадочной. Они определяют правильный суточный ритм активности как самих организмов, так и процессов, происходящих внутри клеток, например ритм клеточных делений. О способности измерять время [illegible] выработкой условных рефлексов у животных на определенное время. Даже пчел легко приучить прилетать к кормушке с сахарным сиропом в определенное время.

Большое значение биологические часы имеют при ориентировке животных в пространстве. Так, пчелы ориентируются при полетах по солнцу. Вылетев [illegible] не только запоминают угол полета по отношению к солнцу, но и, возвращаясь, вносят поправку к нему соответственно изменившемуся положению солнца.

Управление сезонным развитием животных и растений. Выяснение роли длины дня в регуляции сезонных явлений открывает большие возможности для управления развитием растений и животных.

Приемы управления развитием, основанные на действии определенного светового и температурного режимов, уже получили широкое практическое применение в разных отраслях растениеводства. Они используются при круглогодичном выращивании на искусственном свету овощных культур и декоративных растений, при зимней и ранней выгонке цветов, для ускоренного получения рассады.

Предпосевной холодовой обработкой (яровизацией) достигают колошения озимых культур при весеннем посеве, а также цветения и плодоношения уже в первый год многих двулетних растений. Давно применяют холодовую обработку семян древесных и кустарниковых пород для нарушения покоя и ускорения прорастания. Специальные приемы разработаны и в животноводстве. Так, удлиняя день искусственным освещением, достигают увеличения яйценоскости у кур и особенно у гусей и уток.

Большое значение имеют особенности реакции на продолжительность дня и на температуру у разных видов и сортов растений и пород животных для правильного районирования, а также выбора мест акклиматизации.

Вопросы и задания

1. В чем выражаются приспособления к перенесению зимних условий у растений и животных? 2. Приведите примеры фотопериодизма у растений и животных. 3. Что вы знаете о «биологических часах» и какие их проявления вы замечали? 4. Когда и в какой последовательности прилетают и улетают птицы в вашей местности?

§ 76. Пищевые взаимоотношения организмов и экологические системы

В природе виды животных и растений распределяются не случайно, а всегда образуют определенные, сравнительно постоянные комплексы — сообщества. Мы их хорошо различаем в обыденной жизни, называя лесом, лугом, болотом, степью. Состав таких сообществ обусловлен не только сходством потребностей входящих в него видов к физическим условиям мест обитания, но и тесной зависимостью друг от друга. Такая взаимозависимость возникает прежде всего на основе пищевых связей и способов получения энергии, необходимой для жизненных процессов.

По способу получения и использования питательных материалов и энергии все организмы, как вам известно (стр. 162), разделяются на две резко различные группы: автотрофы и гетеротрофы.

В процессе питания гетеротрофы в конечном счете разлагают органическое вещество до углекислоты, воды и минеральных солей, т. е. веществ, пригодных для повторного использования автотрофами.

Таким образом, в природе совершается непрерывный круговорот биогенных веществ: необходимые для жизни химические вещества извлекаются автотрофами из окружающей среды и через ряд гетеротрофов вновь в нее возвращаются. Для осуществления этого процесса необходим постоянный приток энергии извне. Его источником служит лучистая энергия Солнца, которая трансформируется зелеными растениями при фотосинтезе в химическую энергию синтезируемых органических соединений.

Круговорот веществ возник в процессе эволюции как необходимое условие существования жизни.

Если движение вещества, вызванное деятельностью организмов, происходит циклически и оно может быть использовано вновь и вновь, то энергия в этом процессе представлена однонаправленным потоком. Лучистая энергия Солнца лишь трансформируется организмом в другие формы: световая — в химическую, механическую и, наконец, в тепловую. В соответствии с законами термодинамики такие превращения всегда сопровождаются рассеиванием энергии в форме тепла, недоступного для дальнейшего использования.

Односторонне направленный поток энергии и круговорот веществ представляют наиболее общее условие, на котором основана деятельность и взаимоотношения всех живых существ в природе.

Цепи питания. Если общая схема круговорота веществ сравнительно проста, то в реальных условиях природы этот процесс принимает очень сложные формы. Ни один вид гетеротрофных организмов

не способен сразу расщеплять органическое вещество растений до конечных минеральных продуктов. Каждый вид использует лишь часть содержащейся в органическом веществе энергии, доводя его распад до определенной стадии. Непригодные для данного вида, но еще богатые энергией остатки используются другими организмами.

Таким образом, в *процессе эволюции сложились устойчивые цепи взаимосвязанных видов, последовательно извлекающих материалы и энергию из исходного пищевого вещества.*

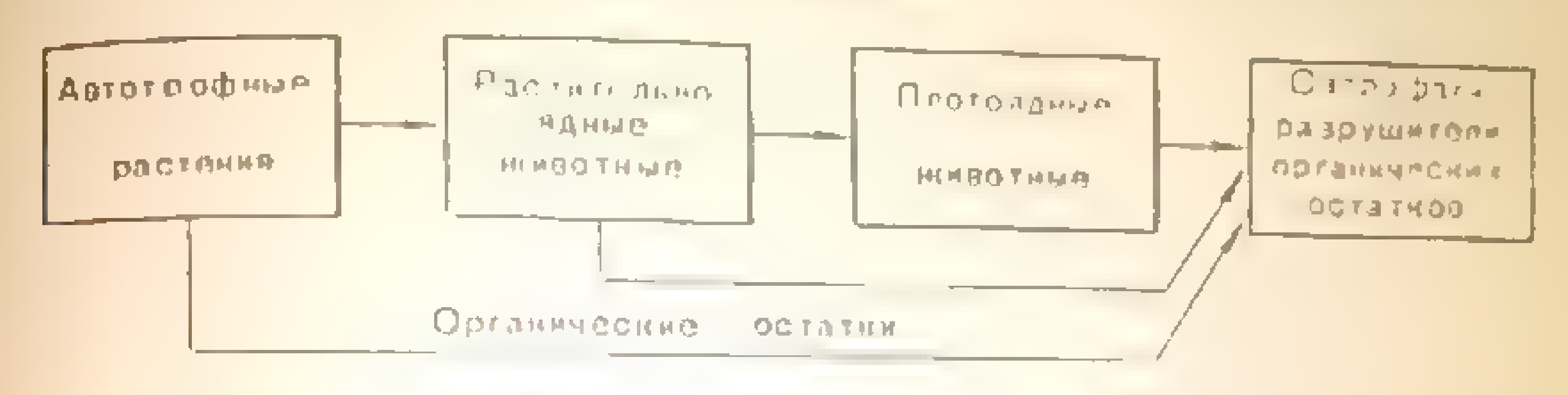


Рис. 158. Схема пищевой цепи.

Примеры [illegible] можно видеть всюду. Самый простой случай мы наблюдаем [illegible] растения поедаются травоядными [illegible], а выделения [illegible] их трупами питаются различные навозные и трупные [illegible] гнилостные микроорганизмы. Но в естественной [illegible] из большего числа звеньев, так как в них включаются плотоядные животные — хищники и паразиты. Пищевые [illegible] в цепях усложняются также тем, что не всегда [illegible] к одному типу пищи, что [illegible] встречаются [illegible] могут питаться как растениями, так и животными.

Следует [illegible] органические остатки образуются в результате [illegible] членов цепи. Следующая схема (рис. 158) показ[illegible] организмами в цепи питания.

Потери энергии в цепях питания. Все виды, образующие пищевую цепь, существуют за [illegible] вещества, постр[illegible] зелеными растениями. При этом действует важная закономерность, связанная с эффективностью использования и превращения энергии в процессе питания. Сущность ее заключается в следующем.

Лишь около 1% лучистой энергии Солнца, падающей на растение, превращается в потенциальную энергию химических связей синтезированных органических веществ и может быть использовано в дальнейшем при питании гетеротрофными организмами. Когда животное поедает растение, то бо́льшая часть энергии, содержащейся в пище, расходуется на различные процессы жизнедеятельности, превращаясь при этом в тепло и рассеиваясь; только 5—20% энергии пищи переходит во вновь построенное вещество тела животного. Если травоядное животное поедает хищник, то снова теряется большая часть заключенной в пище энергии. Вследствие таких больших потерь полезной энергии цепи питания не могут быть очень длинными; обычно они состоят не более чем из 4—5 звеньев (пищевых уровней).

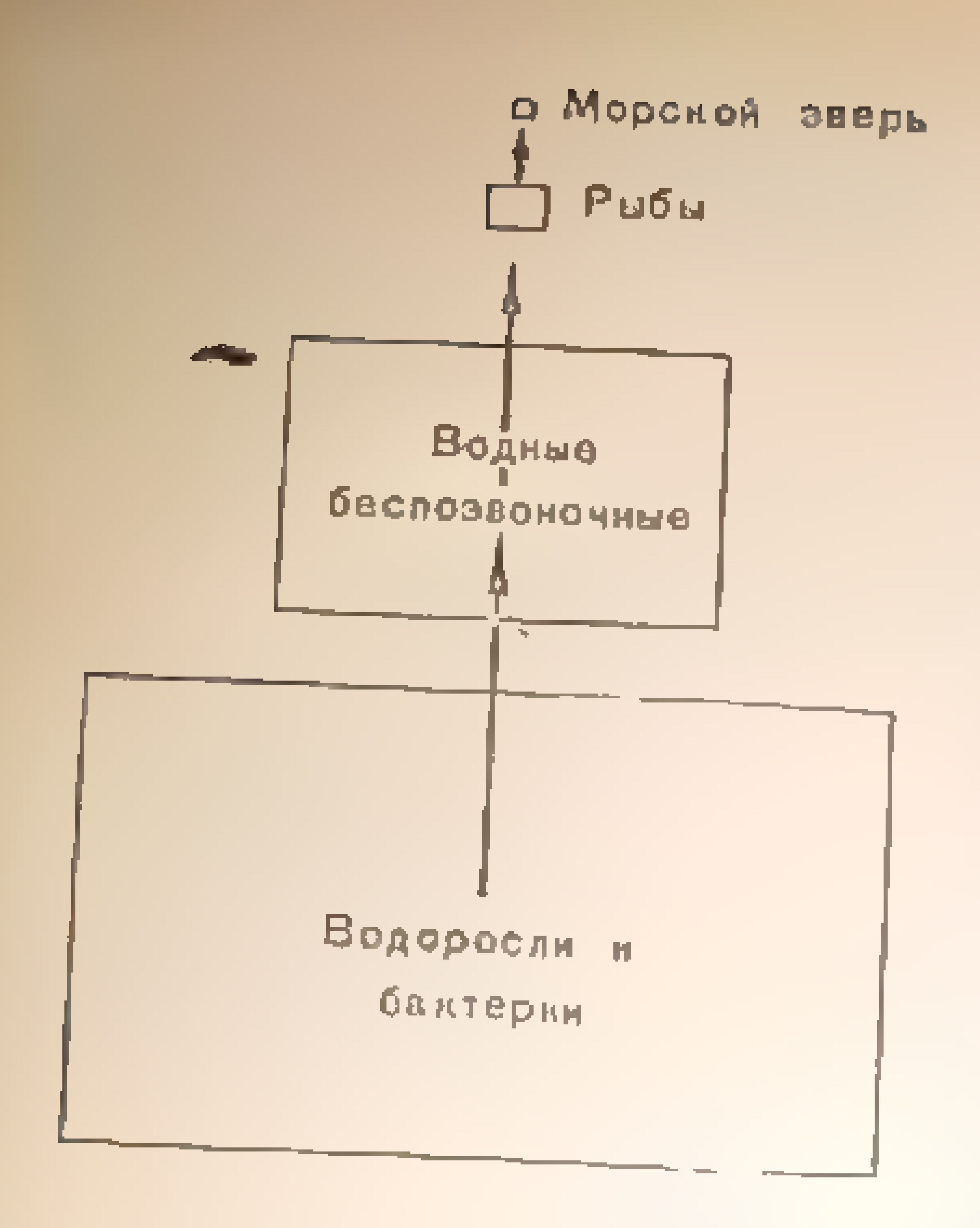


Рис. 159. Годовая продукция органического вещества в основных звеньях пищевых цепей Каспийского моря.

В результате потерь энергии количество образующегося органического вещества в каждом последующем пищевом уровне резко уменьшается. Так, если округленно принять, что в вещество тела животного переходит в среднем 10% энергии, заключенной в съеденной пище, то, очевидно, за счет 1 *т* растительной массы может образоваться лишь 100 *кг* массы тела травоядного животного, а за счет последней лишь 10 *кг* массы тела хищников. Реальные соотношения могут быть иными, так как коэффициент использования энергии неодинаков у разных видов. Но всегда количество растительного вещества, служащего основой цепи питания, в несколько раз больше, чем общая масса растительных животных, а масса каждого из последующих звеньев пищевой цепи также прогрессивно уменьшается (рис. 159). Эту очень важную закономерность называют правилом экологической пирамиды. Она в большей мере определяет численные соотношения особей разных видов животных в природе.

Биоценоз. Пищевые цепи составляют основу взаимосвязей в живой природе. Сложные взаимоотношения в них поддерживаются благодаря разносторонней приспособленности организмов разных видов друг к другу и к окружающим условиям неживой среды.

Цепи питания в каждом природном участке составлены своими комплексами видов, образующими вместе с окружающей физической средой самоподдерживающуюся систему, в которой осуществляется круговорот веществ. Такие устойчивые экологические системы называются биоценозами. Лес, луг, водоем с их населением, степь и другие естественные группировки представляют собой примеры биоценозов.

Все биоценозы имеют сходную структуру (рис. 160). Основу их составляют зеленые растения — производители живого вещества. Обязательно присутствуют растительноядные и плотоядные животные— потребители живого органического вещества и, наконец, разрушители органических остатков — преимущественно микроорганизмы, которые доводят распад органического вещества до простых минеральных соединений. В биоценозе каждый из этих трех главных пищевых уровней образован многими видами.

Для характеристики состава биоценоза и количественного анализа происходящих в нем процессов основное значение имеют следующие показатели.

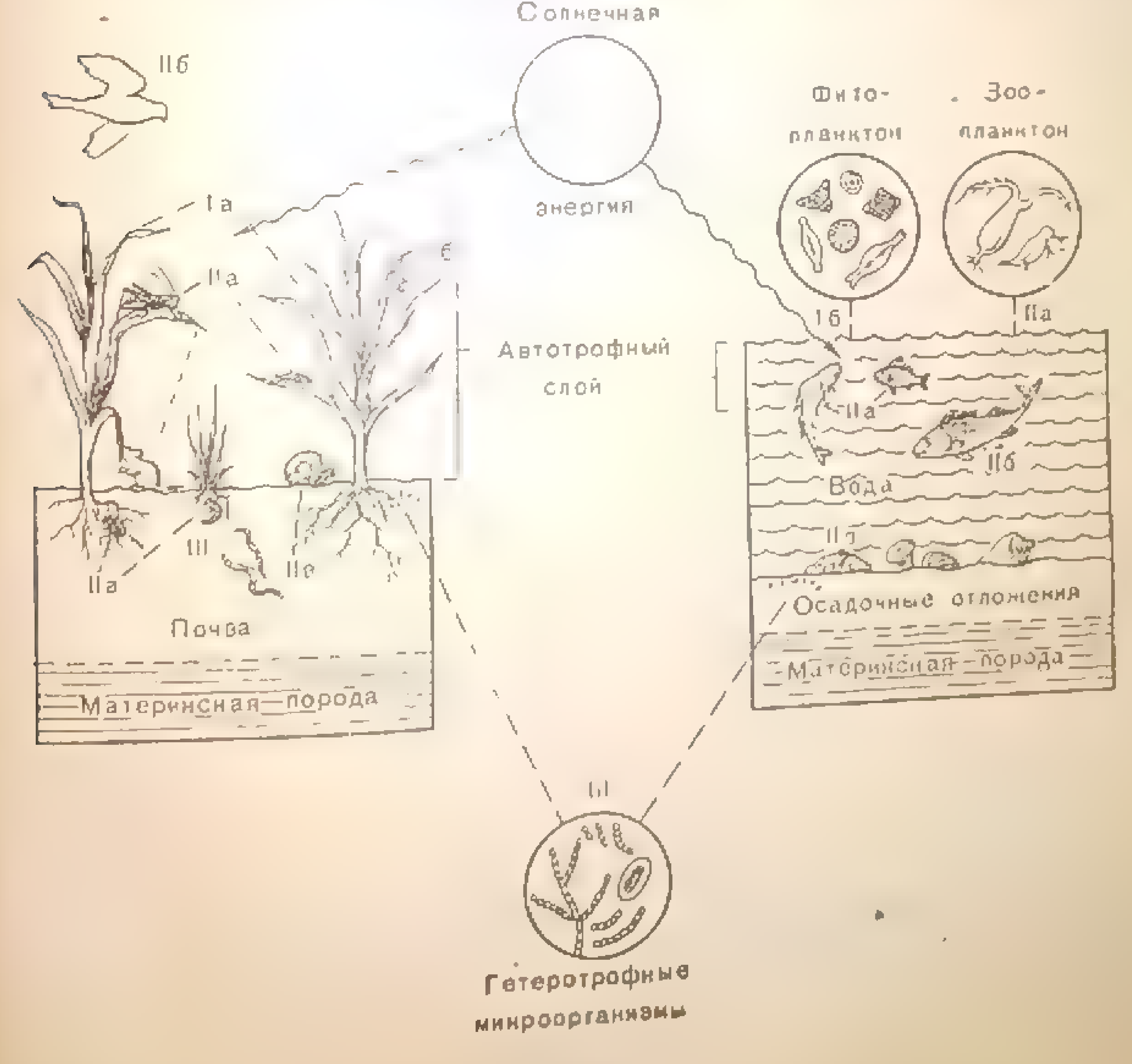
Видовое разнообразие — число видов растений и животных, образующих данный биоценоз и разные пищевые уровни в нем.

Численность видовых популяций, т. е. количество особей данного вида, отнесенное к единице площади.

Биомасса — общее количество органического вещества и заключенной в нем энергии всей совокупности особей, составляющих отдельные видовые популяции, пищевой уровень или весь биоценоз. Биомассу обычно выражают в весовых единицах в пересчете на сухое вещество на 1 *га*. Однако для оценки энергетических процессов в биоценозе ее удобнее выражать в калориях. При расчете исходят из следующего: полное окисление (сжигание) 1 *г* углеводов и белков дает около 4 *ккал*, а жиров — 9 *ккал*, в среднем в 1 *г* сухого растительного вещества содержится 4—4,5 *ккал*, а в животном веществе — около 5 *ккал*. Величина видовой биомассы, наблюдающейся в каждый данный момент, в большой мере зависит от особенностей биологии живот-

Рис. 160. Сравнение общей структуры наземного и водного биоценозов:

I — растения, производящие органическое вещество: ***а*** **— высшие растения,** ***б*** **— водоросли;** *II* — животные — потребители органического вещества: *а* — растительноядные, *б* — плотоядные, *в* — питающиеся смешанной пищей; *III* — микроорганизмы — разрушители органического вещества.



ного или растения. У быстро отмирающих видов, например микроорганизмов, биомасса обычно невелика по сравнению с долгоживущими видами, накапливающими в тканях большие количества органического вещества (например, древесные породы).

Биологическая продуктивность, т. е. скорость образования биомассы, — наиболее важный показатель энергии жизнедеятельности отдельных видов и экологической системы в целом. Ее выражают в граммах органического вещества (или килокалориях) с единицы площади за год. Понятно, что основное значение имеет скорость синтеза органического вещества автотрофными растениями, которую называют первичной продуктивностью. Вторичная продуктивность выражает скорость образования биомассы гетеротрофами.

Природные биоценозы очень сложны. В них всегда имеется много параллельных и сложно переплетенных цепей питания, а общее число видов часто измеряется сотнями и даже тысячами. Поэтому некоторые механизмы, поддерживающие целостность биоценоза и его устойчивость, удобнее рассмотреть на такой простой модели, как аквариум.

Аквариум как модель экологической системы. Каждый, кто держал дома рыб, знает, что они просто в сосуде с водой даже при регулярном кормлении долго существовать не могут. Уже по их поведению можно видеть, что условия в аквариуме быстро ухудшаются. Возникающий вследствие дыхания рыб недостаток растворенного в воде кислорода и избыток углекислоты заставляют рыб держаться у поверхности. Вода, загрязненная остатками пищи и выделениями рыб, мутнеет и загнивает.

Этот пример хорошо иллюстрирует важное общее положение: организм, извлекая из среды необходимые для него вещества и выделяя вредные продукты обмена, неизбежно ухудшает условия собственного существования, если не происходит постоянного пополнения необходимых веществ и удаления вредных.

Обстановка в аквариуме существенно меняется при подсадке в него водных растений. Если рыба способна довольствоваться растительной пищей, то мы получаем простую экологическую систему, члены которой оказывают благоприятное влияние друг на друга.

Рыбы питаются органическим веществом, синтезированным растениями, а при дыхании поглощают O_2 и выделяют необходимый для растений CO_2

Растение в процессе фотосинтеза поглощает из воды CO_2 и выделяет O_2, необходимый для дыхания рыб

Но такая элементарная система еще очень неустойчива. Неиспользованные остатки пищи и продукты выделения рыб непригодны для усвоения растениями. Поэтому в систему внедряются сапрофитные бактерии, а иногда и грибки, питающиеся органическими остатками. Размножаясь в массе, они вызывают помутнение воды и образование на растениях и стенках аквариума слизистой пленки. Это затрудняет фотосинтез растений и дыхание рыб.

Чтобы устранить подобные нежелательные явления и повысить устойчивость системы, необходимо ввести в нее недостающие звенья

пищевой цепи. Важное место среди них занимают питающиеся бактериями инфузории, а также моллюски; последние, питаясь бактериальной слизью, одноклеточными водорослями и различными органическими остатками, очищают растения и стенки аквариума, вода становится прозрачной. Если воду не менять и не допускать ее загрязнения пылью, то в аквариуме постепенно складывается система, способная довольно долго сохранять относительно равновесное состояние.

Несмотря на кажущуюся простоту, эта система состоит из довольно большого числа видов. Кроме рыб, моллюсков и высших растений, здесь присутствует не менее двух-трех десятков видов микроорганизмов: простейших, водорослей, грибков и бактерий.

В населении аквариума можно обнаружить все основные группы, характерные для биоценоза. Производители органического вещества — автотрофы — представлены высшими водными растениями и водорослями. Гетеротрофы — потребители живого вещества — представлены рыбами, отчасти моллюсками и простейшими. Наконец, разрушителями уже [illegible] органического вещества являются некоторые грибки и ряд бактерий, которые последовательно разлагают органические остатки, доводя их до соединений, пригодных для [illegible]. Таким образом, в аквариуме в известной мере [illegible] веществ. Все же [illegible] здесь неполон, [illegible] накапливающимся на дне органическим остаткам.

В аквариуме проявляется также черта биоценоза — саморегуляция. Обитающие [illegible] полностью друг друга, а лишь [illegible] особей. Это отношение главным образом [illegible] регуляции численности состоит в [illegible] остатках размножаются бактерии. С увеличением их количества создаются благоприятные условия для [illegible]. Они уничтожают бактерий, и когда [illegible] мало, то из-за недостатка пищи снижается численность инфузорий; это снова позволяет размножиться бактериям. Такие колебания повторяются непрерывно и иногда принимают очень правильный характер, например сопряженные колебания численности инфузории-туфельки и дрожжевого грибка, которым она питается (рис. 161). В сложных, многокомпонентных системах колебания численности отдельных видов обычно сглаживаются или становятся неправильными.

Таким образом, в экологической системе регуляция численности совместно обитающих видов происходит автоматически и основана на принципе обратной связи. Чем более приспособлены виды друг к другу, тем устойчивее система.

Чтобы виды могли существовать совместно, необходимо определенное соотношение скорости размножения хищника и жертвы. В аквариуме, например, при усиленном освещении вода нередко «зацветает», т. е. слишком быстро размножаются водоросли, и их не успевают уничтожать другие организмы. Наблюдается иногда и резкое увеличение численности бактерий.

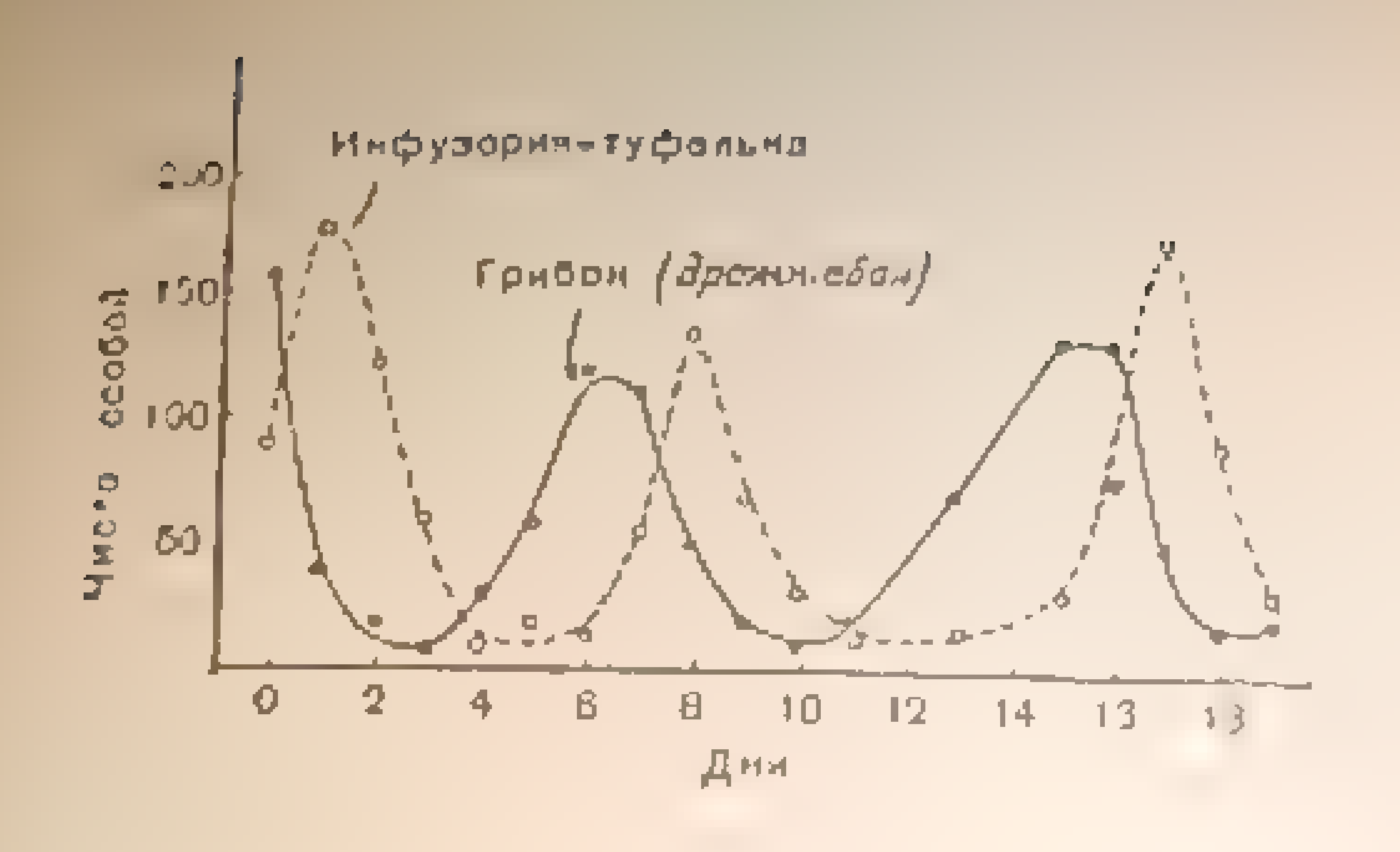


Рис. 161. Сопряженные колебания численности инфузории-туфельки и ее жертвы — дрожжевого грибка.

На примере аквариума можно видеть и значение ограничивающих факторов (стр. 278).

Экологическая система, даже в самом хорошем аквариуме, остается неполной. В ней не хватает необходимого большинству рыб животного корма. Приходится вносить извне дафний, мотыля и т. д.

Почему не удается включить дафний в эту экологическую систему и создать полную пищевую цепь, в которой рыбы были бы постоянно обеспечены живым кормом? Основная причина в том, что в небольшом объеме аквариума рыбы уничтожают дафний быстрее, чем они размножаются. Следовательно, главные звенья пищевой цепи здесь численно не сбалансированы. Поэтому в аквариуме корм всегда является ограничивающим фактором для рыб.

Если давать корма достаточно, то количество рыб, которое можно содержать в данном аквариуме, будет ограничиваться уже другим фактором — количеством кислорода. Биологическую емкость аквариума можно увеличить, продувая через воду воздух.

Из всего сказанного видно, что создание хорошего и постоянного аквариума — довольно сложная биологическая задача. Необходимо не только знание биологии рыб, но и понимание тех сложных взаимоотношений между различными организмами, которые возникают в этой экологической системе.

Знакомство с явлениями, происходящими при формировании аквариума, дает представление об экологической системе, отдельные живые компоненты которой связаны между собой, зависят друг от друга и от абиотических факторов среды. Теперь мы можем перейти к рассмотрению гораздо более сложных экологических систем (биоценозов), создающихся в природе.

Вопросы и задания

1. Расскажите, что такое «цепи питания». Приведите примеры. 2. Что такое «биологическая продуктивность»? Иллюстрируйте это понятие конкретными примерами. 3. Что такое биоценоз? Приведите примеры природных биоценозов. 4. Как регулируется численность совместно обитающих видов в экологических системах?

§ 77. Природные экологические системы

1. Биоценоз пресноводного водоема. Любой природный водоем, например озеро или пруд с их растительным и животным населением, представляет собой самостоятельную экологическую систему, или б и о ц е н о з. Эта природная система обладает гораздо более совер-

...ственной саморегуляцией и способностью к непрерывному самовоспроизводству. Биоценоз природных водоемов несравненно богаче и разнообразнее нашей модели.

Виды растений и животных, населяющие водоем, распределены в нем неравномерно. Каждый вид встречается в тех условиях, к которым он наиболее приспособлен. Поэтому в разных участках водоема образуются довольно постоянные и характерные для них видовые комплексы — сообщества растений и животных, члены которых теснее связаны между собой, чем с другими. Природные экологические системы всегда состоят из многих соподчиненных видовых группировок (сообществ), которые можно назвать биоценозами второго порядка. Наиболее разнообразные и благоприятные для жизни условия создаются в прибрежной зоне. Здесь вода теплее, так как прогревается солнечными лучами, и достаточно насыщена кислородом. Обилие света, проникающего до дна, обеспечивает развитие многих высших растений, образующих часто густые прибрежные заросли. Многочисленны и мелкие водоросли. В прибрежной зоне обитает и большинство животных. Одни приспособились к жизни на водных растениях. Другие активно плавают в толще воды: рыбы, хищные жуки-плавунцы и водные клопы. Многие обитают на дне: перловицы, беззубки, личинки некоторых насеко[illegible]ников, стрекоз, поденок), ряд червей и т. п. Даже повер[illegible] воды служит местом обитания специально приспо[illegible] видов. В тихих заводях можно видеть бегающих по пове[illegible] мелких клопов-водомерок и быстро плавающих кру[illegible]рячек. Обилие пищи и другие благоприятные услови[illegible] в прибрежную зону рыб, для которых эти участки служат местами кормежки и нереста.

В глубоких [illegible] участках водоема, куда уже почти не проникает солнечный [illegible], жизнь гораздо беднее и однообразнее. Фотосинтезирующие растения здесь не могут существовать. Нижние слои воды вследствие слабого перемешивания остаются холодными и содержат мало кислорода. К этим условиям приспособились лишь немногие виды животных, главным образом малощетинковые черви и личинки комаров-мотылей, которые обитают в иле, питаясь органическими остатками и микрофлорой — бактериями и грибками.

Особые условия создаются в толще воды открытых участков водоема. Эта кажущаяся чистой вода заселена массой мельчайших растительных и животных организмов, которые сосредоточены в верхних, более прогреваемых и хорошо освещаемых слоях воды. Здесь развиваются различные микроскопические водоросли; водорослями и бактериями питаются многочисленные простейшие — инфузории, а также коловратки. Обильны здесь и мелкие рачки. Весь этот комплекс мелких, взвешенных в воде организмов называют **планктоном**.

В круговороте веществ и в жизни водоема планктону принадлежит очень важная роль, и часто он является основным производителем органического вещества.

Пищевые связи и регуляция. Рассмотрим, за счет чего существует и как поддерживается система обитателей водоема. Рисунок 162 по-

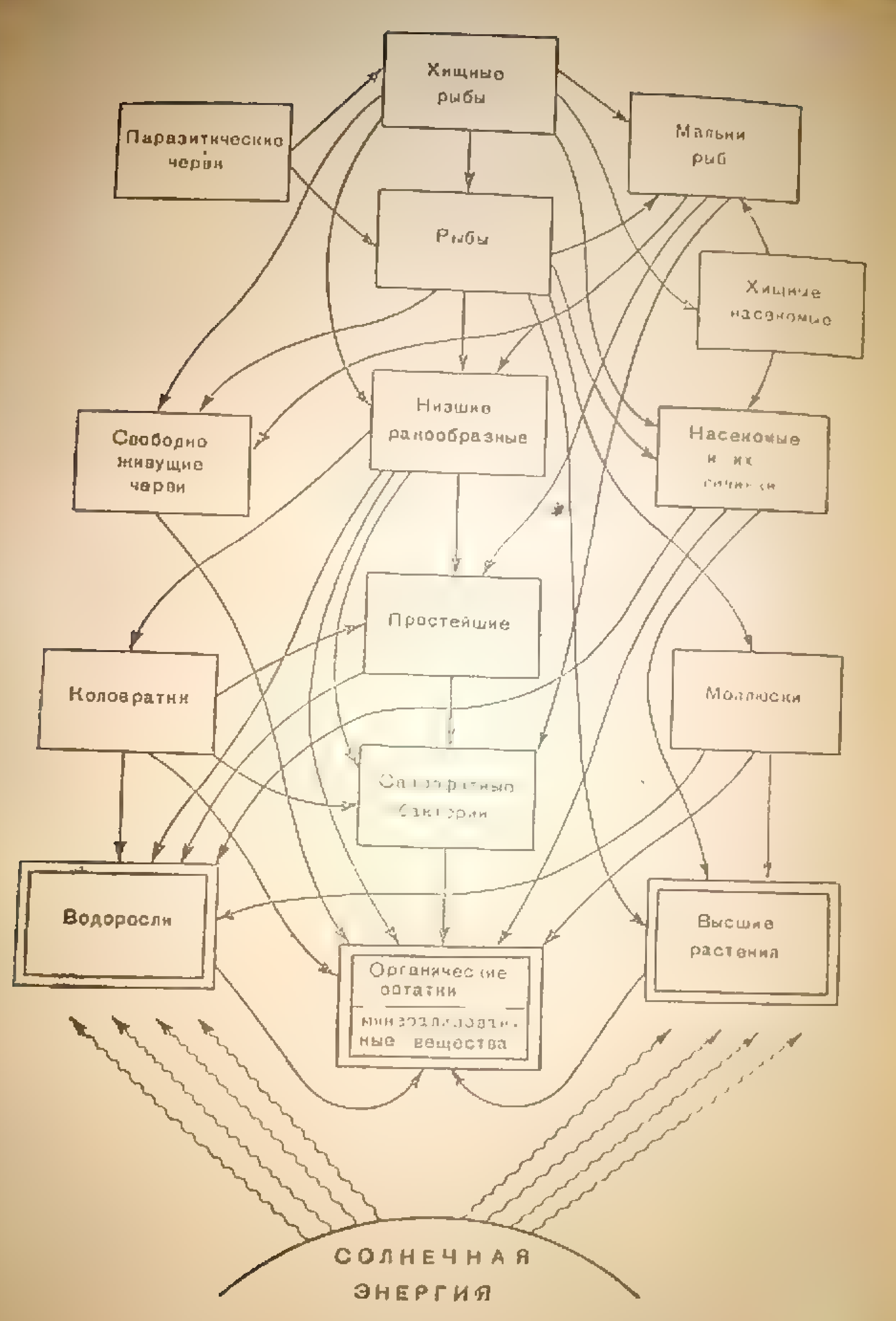


Рис. 162. Схема основных пищевых связей в пресноводном биоценозе.

Стрелки направлены от потребителя к пище. Волнистые линии снизу — солнечная энергия.

казывает, что все население водоема прямо или косвенно связано между собой пищевыми взаимоотношениями.

На схеме прослеживаются цепи питания, состоящие из нескольких последовательных звеньев. Например, растительными остатками и развивающимися на них бактериями питаются простейшие, которых поедают мелкие рачки; рачки в свою очередь служат пищей рыбам, а их могут поедать хищные рыбы. Подобных цепей можно проследить много. Любая пищевая цепь в водоеме всегда начинается либо с автотрофных растений, либо с органических остатков, которые в конечном счете являются также результатом жизнедеятельности растений.

Большинство видов питается не одним каким-нибудь типом пищи, а может использовать и другие дополнительные корма. Поэтому пищевые цепи сложно переплетены. Отсюда следует важный общий вывод: если какой-нибудь член биоценоза выпадает, то система не нарушается, так как используются другие источники пищи. В этом одна из причин устойчивости природных биоценозов. Чем больше видовое разнообразие биоценоза, тем он должен быть устойчивее.

Первичным источником энергии в водном биоценозе, как и в любой экологической системе, служит солнечный свет, за счет которого растения [illegible] вещество. Очевидно, что биомасса [illegible] в водоеме животных полностью [illegible] жизнедеятельности растений. Чем больше [illegible] и биомасса всех гетеротрофных видов. В [illegible] в цепях питания, суммарная [illegible] пищевых уровнях убывает [illegible] пирамиды (стр. 296).

В [illegible] пищевых уровней довольно [illegible] можно встретить водоемы как [illegible] организмами, так и с бедным на[illegible] продуктивность водоема, [illegible] использования водных биоценозов, особенно в рыбном хозяйстве.

Частой причиной [illegible] естественных водоемов бывает недостаток минеральных [illegible], необходимых для роста автотрофных растений, или неблагоприятная кислотность (pH) воды. Внесение минеральных удобрений, а в случае кислой среды известкование водоемов способствует размножению растительного планктона, которым питаются животные, служащие кормом для рыб. Таким путем удается резко повысить рыбную продуктивность водоема.

2. Биоценоз широколиственного леса. Среди наземных биоценозов одним из наиболее сложных является широколиственный лес, например дубрава.

Дубрава — очень совершенная и устойчивая экологическая система, способная при неизменных внешних условиях существовать веками. Биоценоз дубравы составляет более сотни видов растений и несколько тысяч видов животных.

В отличие от водных биоценозов, где важную роль в первичном производстве органического вещества играют низшие растения —

микроскопические водоросли, в наземных биоценозах основную продукцию создают высшие растения. В лесу это преимущественно многолетние древесные породы. Низшие автотрофные растения (водоросли) здесь тоже имеются, но роль их невелика.

Растения. Характерная черта лиственного леса заключается в видовом разнообразии растительности. Между растениями происходит усиленная конкуренция за основные жизненные условия: пространство, свет, воду с растворенными в ней минеральными веществами. В результате длительного естественного отбора у растений дубравы выработались приспособления, позволяющие разным видам существовать совместно. Это ярко проявляется в характерной для дубравы ярусности.

Верхний ярус образуют наиболее светолюбивые древесные породы: дуб, ясень, липа. Ниже располагаются сопутствующие им менее светолюбивые деревья: клен, яблоня, груша и др. Еще ниже расположен ярус подлеска, образованный различными кустарниками: лещиной, бересклетом, крушиной, калиной и т. п. Наконец, присутствует и ярус травянистых растений.

Чем ниже ярус, тем образующие его растения более теневыносливые, т. е. способны осуществлять фотосинтез при меньшей интенсивности света. Некоторые лесные виды настолько приспособлены к затенению, что не могут расти на открытых местах.

Ярусность проявляется также в расположении корневых систем, она является [illegible] отражением ярусности надземных частей. Деревья верхних ярусов обладают наиболее глубокой корневой системой и могут использовать воду и минеральные вещества из глубинных слоев почвы. Травянистые растения с поверхностной корневой системой используют влагу [illegible] атмосферных осадков.

Условия освещения и увлажнения в широколиственном лесу резко изменяются в течение года. В связи с этим среди травянистых растений выделилась очень характерная для дубрав группа так называемых весенних эфемеров. Такие растения развиваются и зацветают до распускания листьев деревьев, когда в лесу много света и достаточно почвенной влаги. Ранней весной быстро развивается ковер пролески, ветреницы, хохлатки, гусиного лука, чистяка. Их яркие цветки привлекают многочисленных светолюбивых насекомых-опылителей: шмелей, пчел.

Все эфемеры обладают луковицами или корневищами, содержащими запас питательных веществ, что обеспечивает возможность быстрого весеннего развития, которое начинается еще под снегом. Ко времени полного распускания листьев деревьев эфемеры успевают не только отцвести, но и накопить запас питательных веществ в подземных частях. К концу весны надземные части большинства эфемеров отмирают, а подземные остаются в состоянии покоя до следующей весны.

Летние травянистые растения дубрав очень теневыносливы. У них преобладает белая окраска цветков, более заметная для опылителей в темном лесу. Но так как активных опылителей в лесу мало, то большинство летних дубравных трав размножается преимущественно вегетативным путем.

Дубрава относится к числу высокопродуктивных экосистем. Вследствие ее сложной многоярусности общая площадь листьев растений, произрастающих на каждом гектаре, достигает 4—6 *га*, т. е. в несколько раз перекрывает территорию. Такой мощный синтетический аппарат улавливает и трансформирует в потенциальную энергию созданного органического вещества около 1% годового притока солнечной радиации. Последняя в средних широтах составляет около 9 млрд. *ккал/га*. Почти половина синтезированного вещества расходуется самими растениями в процессе дыхания. Чистая продукция в виде прироста органического вещества в надземных частях растений составляет (в сухом весе) 5—6 *т* на каждый гектар в год. К этому следует добавить 3—4 *т* ежегодного прироста подземных частей.

Таким образом, первичная продукция достигает почти 10 *т/га* в год. Значительная часть этой массы (до 4 *т*) идет на создание листьев и других ежегодно возобновляемых частей (цветы, плоды и т. п.). Около 30% надземной продукции составляет древесина. Ее прирост можно видеть по годичным кольцам стволов. Накопленная за многие годы древесина составляет главную часть биомассы в лесу. Следующие данные показывают примерное распределение надземной биомассы на 1 *га* леса:

Древесные растения		
	листья	4 *т*
	ветви	30 *т*
	стволы	240 *т*
Травянистые растения		1 *т*

Животные и цепи питания в дубравах. Богатство и разнообразие растительности, производящей громадное количество органического вещества, которое может быть использовано в качестве пищи, становится причиной развития в дубравах многочисленных потребителей из мира животных от простейших до высших позвоночных — птиц и млекопитающих. Наиболее разнообразны здесь членистоногие, особенно насекомые. Это объясняется тем, что они приспособились к самым различным местам обитания и используют источники пищи, часто малопригодные для других организмов.

Растительноядные насекомые служат пищей для многочисленных хищных насекомых: паукообразных и других членистоногих. Имеется и богатая фауна паразитических насекомых, главным образом перепончатокрылых: наездников и мух-тахин. Многочисленны и сверхпаразиты, т. е. виды, развивающиеся в паразитах. Таким образом, в этой группе прослеживаются длинные пищевые цепи, состоящие из 4—5 звеньев:

Хищные насекомые → Паразитические насекомые → Сверхпаразиты

Растения → Растительноядные насекомые

Паразитические насекомые → Сверхпаразиты

Сложные пищевые цепи возникают и в других группах животных. Так, насекомые служат основной пищей для насекомоядных птиц: пеночек, славок, синиц, дятлов, кукушек, которыми питаются хищные птицы, например ястребы, соколы. Среди млекопитающих пищевую цепь, например, составляют растительноядные мышевидные грызуны и зайцы, а также копытные, за счет которых существуют хищники: ласка, горностай, куница, лиса, волк. Все виды позвоночных служат средой обитания и источником питания для различных наружных паразитов, преимущественно насекомых и клещей, а также внутренних паразитов: червей, простейших, бактерий.

Соответственно общей закономерности рассеивания энергии количество производимой биомассы резко убывает в каждом последующем звене пищевой цепи, а так как размер тела хищника обычно больше, чем жертвы, то количество особей хищников в цепи плотоядных форм убывает еще сильнее. Это видно из следующих данных. На одном гектаре леса количество растительноядных насекомых исчисляется миллионами особей. Насекомоядных птиц в среднем 20—30 пар, а хищных меньше единицы.

Пищевые цепи в лесу переплетены в очень сложную пищевую сеть, поэтому выпадение какого-либо одного вида животных обычно не нарушает существенно всю систему. Значение разных групп животных в биоценозе неодинаково. Исчезновение, например, в большинстве наших дубрав всех крупных растительноядных копытных — зубров, оленей, косуль, лосей — слабо отразилось бы на общей экосистеме, так как их численность, а следовательно, биомасса никогда не была большой и не играла существенной роли в общем круговороте веществ. Но если бы исчезли растительноядные насекомые, то последствия были бы очень серьезными, так как насекомые выполняют важную в биоценозе функцию опылителей, участвуют в разрушении опада и служат основой существования многих последующих звеньев пищевых цепей.

Саморегуляция в лесном биоценозе. В лесу число видов животных-потребителей гораздо больше, чем число видов растений, за счет которых они существуют. Вместе с тем суммарная биомасса животных непропорционально мала. Следующие цифры дают представление о средней биомассе главных групп позвоночных животных в европейских заповедных лесах:

Копытные (олень, косуля, кабан)	2 *кг/га*
Грызуны и другие мелкие млекопитающие	5 *кг/га*
Птицы	1—3 *кг/га*

Биомассу всех позвоночных животных можно считать примерно равной 10 *кг/га*. Для поддержания такой биомассы животные используют незначительную часть первичной растительной продукции. Биомасса растительноядных беспозвоночных больше, чем биомасса зверей и птиц, но и они уничтожают не более 10—20% ежегодного прироста растений.

Такое соотношение биомассы растений—производителей живого органического вещества и животных — его потребителей не случайно, а отражает очень важную закономерность лесного биоценоза.

Оно поддерживается автоматически действующим механизмом, регулирующим численность видовых популяций в биоценозе. Без этого биоценоз не мог бы существовать.

Как и в других экосистемах, процесс саморегуляции в дубраве проявляется в том, что все разнообразное население леса существует совместно, не уничтожая полностью друг друга, а лишь ограничивая численность особей каждого вида определенным уровнем. Насколько велико в жизни леса значение такой автоматической регуляции численности, можно видеть из следующего примера.

Листьями дуба питается несколько сот видов насекомых, но в нормальных условиях каждый вид представлен столь малым количеством особей, что даже их общая деятельность не наносит существенного вреда дереву и лесу. Между тем все насекомые обладают большой плодовитостью. Количество яиц, откладываемых одной самкой, редко бывает менее 100, а некоторые, например непарный шелкопряд, откладывают до 500 и даже до 1000 яиц. Многие виды способны давать 2—3 поколения за лето. Следовательно, при отсутствии ограничивающих факторов численность любого вида насекомых возрастала бы очень быстро и привела бы к разрушению экологической системы.

Так как в нормальных условиях численность любого растительноядного вида колеблется около некоторого среднего уровня, то ясно, что в конечном итоге из потомства каждой пары в среднем выживает столько, сколько было родителей, т. е. лишь две особи, а остальные погибают. Какие причины вызывают столь большую гибель? Очевидно, это не недостаток корма, так как он остается несъеденным. Наблюдения показывают, что некоторая часть потомства погибает под влиянием различных неблагоприятных условий погоды. Но основная масса уничтожается другими членами биоценоза: хищными и паразитическими насекомыми, птицами, болезнетворными микроорганизмами.

Такое интенсивное уничтожение в конечном счете обеспечивает совместное существование многих видов животных и растений в биоценозе, так как иначе вследствие массового размножения были бы быстро исчерпаны источники пищи. Интенсивное уничтожение приводит одновременно к отбору более жизнеспособных особей и таким образом поддерживает и совершенствует приспособленность вида к данным условиям среды.

Ограничивающее действие экологической системы все же не исключает полностью случаев массового размножения вредителей. Временами некоторые насекомые, например непарный шелкопряд, златогузка, листовертка, появляются в таком количестве, что полностью уничтожают листья деревьев.

Минерализация органических остатков. Очень большое значение в жизни леса имеют процессы разложения и минерализации массы отмирающих листьев, древесины, остатков животных и продуктов их жизнедеятельности.

Из общего ежегодного прироста биомассы надземных частей растений около 3—4 *т* естественно отмирает и опадает, образуя так

называемую лесную подстилку. Значительную массу составляют также отмершие подземные части растений. С опадом возвращается в почву большая часть потребленных растениями зольных веществ и азота. Растительный опад и животные остатки содержат богатые энергией органические вещества, поэтому к питанию ими приспособились многочисленные виды животных и сапрофитных микроорганизмов.

Животные остатки очень быстро уничтожаются хищниками, жуками-мертвоедами, кожеедами, личинками падальных мух и другими насекомыми, а также деятельностью гнилостных бактерий. Труднее разлагается клетчатка и другие прочные вещества, составляющие значительную часть растительного опада. Но и они служат пищей для ряда организмов, обладающих специальными ферментами, гидролизующими эти вещества до легкоусвояемых сахаров.

Последовательная деятельность многочисленных насекомых и других членистоногих, дождевых червей, низших грибков и ряда бактерий приводит к почти полному окислению органических остатков с образованием большого количества двуокиси углерода, воды и поступающих в почву минеральных веществ.

Если сравнить, как используется на различных пищевых уровнях первичная продукция органического вещества, то можно легко обнаружить очень важную особенность биоценоза. Пока синтезированное вещество остается в живых тканях растений, потребление его гетеротрофами очень ограниченное. Но как только растения погибают, их вещество полностью используется разрушителями. Не удивительно поэтому, что в лесу биомасса мелких почвенных животных, питающихся опадом, в несколько раз больше, чем биомасса растительноядных видов. Большую часть биомассы составляют дождевые черви, производящие огромную работу по разложению и перемещению органических веществ в почве. Общее число особей насекомых, панцирных клещей, червей и других беспозвоночных достигает многих десятков и даже сотен миллионов на гектар. В разложении опада исключительно велика роль бактерий и низших сапрофитных грибков. В результате деятельности всего комплекса разрушителей в дубраве формируется характерный для этого биоценоза тип почвы — серые лесные почвы.

В общем в лесном биоценозе ясно прослеживаются главные этапы круговорота веществ и движения энергии. Процесс начинается фотосинтетической деятельностью растений, часть органического вещества которых еще в живом состоянии используется растительноядными животными и передается другим звеньям пищевых цепей; другая часть растительного вещества, отслужив свой век, образует вместе с остатками животных опад, который минерализуется обитателями подстилки и почвы до углекислоты, воды и солей, пригодных для усвоения растениями. Неиспользованных органических остатков в дубраве почти не накапливается. Таким образом, круговорот веществ в лесу оказывается очень полным. В этом основная причина большой устойчивости лесного биоценоза.

Лесной биоценоз, использующий солнечную энергию, в принципе неистощим как источник органического сырья. Понятно поэтому

большое внимание, которое уделяется проблеме леса, его охране, восстановлению и разумному использованию. Правильно поставленное лесное хозяйство, учитывающее особенности леса как сложной экосистемы, позволяет длительно эксплуатировать лесные массивы, не уничтожая их, а даже повышая выход хозяйственно ценной продукции.

Вопросы и задания

1. В чем заключается [illegible] биологической продуктивности водоемов? 2. В чем проявляется [illegible] биоценозов (круговорот веществ, саморегуляция системы)? 3. [illegible] в биоценозе пресноводного водоема. 4. [illegible] питания в биоценозе лесной дубравы. 5. [illegible] в биоценозе дубравы?

§ 78. Изменения в биоценозах

Хотя биоценоз является [illegible] саморегулирующейся системой, стремящейся к устойчивому [illegible], однако последнее никогда не достигается полностью. [illegible] препятствуют непрерывные колебания внешних условий, [illegible] климатических, а также изменения, возникающие в результате [illegible] деятельности организмов, составляющих биоценоз. Мы [illegible] на двух проявлениях изменчивости биоценоза: на [illegible] численности отдельных видов и на изменениях самих биоценозов.

Колебания численности. Численность популяции любого вида животных или растения [illegible] собой баланс рождаемости и гибели. Повышение [illegible] может вызвать такое же увеличение популяции, как и понижение числа погибающих. В природе оба показателя зависят от [illegible] экологических факторов, действующих часто в противоположных [illegible]. Поэтому численность вида всегда в какой-то мере колеблется. Особенно выражены колебания численности в популяциях животных. В результате взаимных приспособлений разных видов в биоценозе устанавливается некоторый, определенный для каждого вида уровень таких колебаний. Для одних видов колебания невелики, для других могут быть значительными, и вид, редкий в данном году, может в следующем стать обычным. Знание причин, вызывающих колебания численности, особенно важно в отношении полезных и вредных животных.

Чтобы установить непосредственные причины колебаний численности, необходимо знать детально биологию интересующего нас вида и его врагов, знать особенности влияния на данный вид различных экологических факторов и, наконец, изменчивость этих факторов. Сопоставляя такие данные, можно обнаружить тот из факторов среды, который чаще и сильнее отклоняется от оптимальной для вида величины и, следовательно, ограничивает численность популяции.

Рассмотрим некоторые примеры. Численность многих видов животных зависит от изменений количества корма. Такая связь особенно заметна на видах, узко приспособленных к определенному типу пищи. Так, белка питается главным образом семенами хвойных

деревьев, и поэтому численность ее сильно зависит от урожая шишек.
Пища является основным ограничивающим фактором и для хищников.
Разберем взаимосвязанные колебания численности хищников.
и рыси в Коми АССР. Вслед за повышением количества зайца-беляка
личивается и количество рыси. Такая же зависимость от численности
жертвы установлена для лисицы, хищных птиц и многих других хищ-
ников. Однако не всегда количество корма служит основной причи-
ной колебания численности вида. Так, зайцы могут питаться различ-
ными растениями и поэтому редко страдают от недостатка корма. Чис-
ленность их определяется главным образом деятельностью хищников
и паразитов. Наряду с этим чрезмерное размножение зайцев создает
условия, облегчающие распространение среди них различных зараз-
ных болезней, вызываемых бактериями, простейшими и паразити-
ческими червями; в результате вслед за сильным подъемом числен-
ности часто наблюдается повальная гибель этих грызунов.

Размножение растительноядных насекомых также сдерживается
преимущественно хищниками, паразитами и болезнетворными микро-
организмами. Но если нормальные соотношения между растительно-
ядными насекомыми и их врагами нарушаются, то численность первых
может увеличиваться в десятки и сотни раз.

Массовые размножения вредных насекомых наносят особенно
большой урон сельскому хозяйству. Часто наблюдаются такие вспыш-
ки и в естественных биоценозах. Так, леса сильно страдают при раз-
множении различных насекомых. Вспышки размножения вредителя
бывают разной силы и обычно длятся недолго. Численность вреди-
теля, достигнув максимума, очень быстро снижается. Для большин-
ства вредителей причины снижения сходны. Они заключаются в
ускоренном размножении хищников и паразитов, а также в развитии
различных вирусных, бактериальных и грибковых заболеваний. Дей-
ствию этих биологических факторов способствует возникающий при
массовых размножениях недостаток корма.

Труднее определить причины, вызывающие вспышки размноже-
ния. Как правило, они бывают связаны с прямым или косвенным дей-
ствием условий погоды. Так, массовое размножение сибирского шел-
копряда, наблюдающееся иногда на миллионах гектаров хвойных ле-
сов, обычно наступает после сухого, теплого лета.

Очень большое влияние на соотношение видов в биоценозе оказы-
вает деятельность человека. Общеизвестно, что неограниченная охо-
та привела местами почти к полному уничтожению многих ценных
промысловых зверей и птиц, например бобров, копытных, водопла-
вающей дичи и т. д. Но иногда деятельность человека приводит и к
усиленному размножению вредных видов. Так, за последние десятиле-
тия против вредных насекомых стали широко применяться хлорор-
ганические инсектициды: ДДТ, гексахлоран и т. д. Вскоре выясни-
лось, что эти яды уничтожают не только вредных насекомых, но и
большую часть хищных и паразитических животных. Вместе с тем
некоторые устойчивые к ядам сосущие насекомые и растительноядные
клещи, которые прежде подавлялись хищниками, стали усиленно раз-

множаться и сильно вредить. Таких «новых» вредителей сейчас известно несколько десятков видов. Против них приходится применять дорогостоящие и сложные методы борьбы.

Изучение динамики численности различных организмов в биоценозе и причин, ее определяющих, необходимо для умения предвидеть и предотвращать массовое размножение вредных видов. Это одна из важных задач экологии.

Смена биоценозов. Жизнедеятельность организмов, составляющих биоценоз, постепенно и непрерывно изменяет условия обитания: почву, водный режим, микроклимат и т. д. Возникающие изменения действуют на живые элементы экологической системы, ограничивая и вытесняя одни виды растений и животных и способствуя развитию других. Это приводит к постепенной перестройке и смене биоценозов. Таким образом, любой биоценоз развивается и эволюционирует. На этот процесс сильное влияние оказывают внешние воздействия, например общее изменение климата или вмешательство человека в процессе его хозяйственной деятельности.

Ведущее значение в процессе смены биоценозов принадлежит растениям, но их деятельность неотделима от деятельности остальных членов системы, и [illegible] и изменяется как единое целое. Знать [illegible] естественной смены биоценозов необходимо [illegible] причин разнообразия окружающей нас природы, но и для управления этими процессами с целью получения наиболее [illegible] и выгодных для человека экологических систем.

Исследования показывают, [illegible] в определенных направлениях, а длительность [illegible] разных биоценозов очень различна. Чем полнее [illegible] в биоценозе, тем он более устойчив и долговечен. В [illegible] биоценозов происходит в направлении от менее устойчивых к более устойчивым.

Рассмотрим [illegible] смены биоценозов.

Примером изменения [illegible] сбалансированной системы может служить зарастание [illegible] (стр. 301), что вследствие недостатка кислорода в придонных слоях воды часть органического вещества остается неокисленной и не используется в дальнейшем круговороте веществ. В глубоких местах остатки планктона откладываются на дне, образуя [illegible], так называемый сапропелевый ил. В прибрежной зоне накапливаются остатки водной растительности, образующие торфянистые отложения. В результате водоем неизбежно мелеет, чему способствуют также отложения глины и песка, поступающие с водосборной площади. По мере [illegible] глубоких участков прибрежная водная растительность распространяется все дальше к центру водоема и над илом образуются торфянистые отложения. Так, постепенно озеро превращается в болото. При этом сильно перестраивается видовой состав биоценоза. Исчезают рыбы и планктон открытых участков, многие растения и животные замещаются другими видами, более приспособленными к условиям болота. Окружающая наземная растительность постепенно надвигается на место бывшего

водоема. В зависимости от местных условий здесь может возникнуть осоковый луг, лес или иной тип биоценоза.

Некоторые устойчивые биоценозы способны к самовосстановлению, которое осуществляется через ряд этапов. Примером может служить закономерная смена биоценозов при восстановлении елового леса. После вырубки или пожара условия на месте ельника настолько изменяются, что ель не может снова заселить освободившуюся площадь. На открытых местах всходы ели повреждаются поздними весенними заморозками, страдают от чрезмерного солнечного нагрева и не могут конкурировать со светолюбивыми растениями. В первые 1—2 года на вырубках и гарях буйно развиваются травянистые растения: кипрей (иван-чай), вейник и др. Вскоре появляются многочисленные всходы березы, осины, а иногда сосны, семена которых легко разносятся ветром. Они вытесняют травянистую растительность и постепенно образуют мелколиственный или сосновый лес. Только теперь возникают условия, благоприятные для возобновления ели. Теневыносливые всходы ели успешно конкурируют с подростом светолюбивых лиственных пород. Когда ель достигает верхнего яруса, она полностью вытесняет лиственные деревья. Так через ряд временных биоценозов восстанавливается исходный биоценоз елового леса. Этот процесс занимает более ста лет, причем каждый последующий биоценоз долговечнее предыдущего.

Смена биоценозов — очень распространенное явление. Она служит одной из причин разнообразия их в природе. В естественных условиях такие смены всегда завершаются формированием биоценозов, длительно существующих, наиболее соответствующих данным физико-географическим условиям. Такие биоценозы называются коренными. Вмешательство человека может изменять естественные смены или задерживать их развитие на хозяйственно более ценной стадии.

Географическая зональность биоценозов. Различные типы биоценозов ярко проявляются в географической зональности экологических систем.

На территории СССР с севера на юг последовательно располагается ряд природных зон: тундра, тайга, лиственный лес, степь, пустыня. Каждую зону характеризуют преобладающие типы коренных биоценозов. Наиболее заметно зональные изменения проявляются в растительности — ведущем компоненте биоценоза. Это сопровождается столь же сильным изменением видового состава животных-потребителей и организмов, разрушающих органическое вещество. Почва, будучи важной составной частью экосистемы и результатом ее деятельности, также меняется по географическим зонам.

Среди элементов климата, определяющих зональность экологических систем, основная роль принадлежит температуре, влажности и световому режиму. На рисунке 163 схематически показана зависимость зональных типов биоценозов от температуры и влажности.

На Крайнем Севере, в зоне тундры условия для жизни очень суровы. Вегетационный период продолжается не более двух-трех месяцев, а средняя температура июля ниже 10—12° С. Почва оттаивает

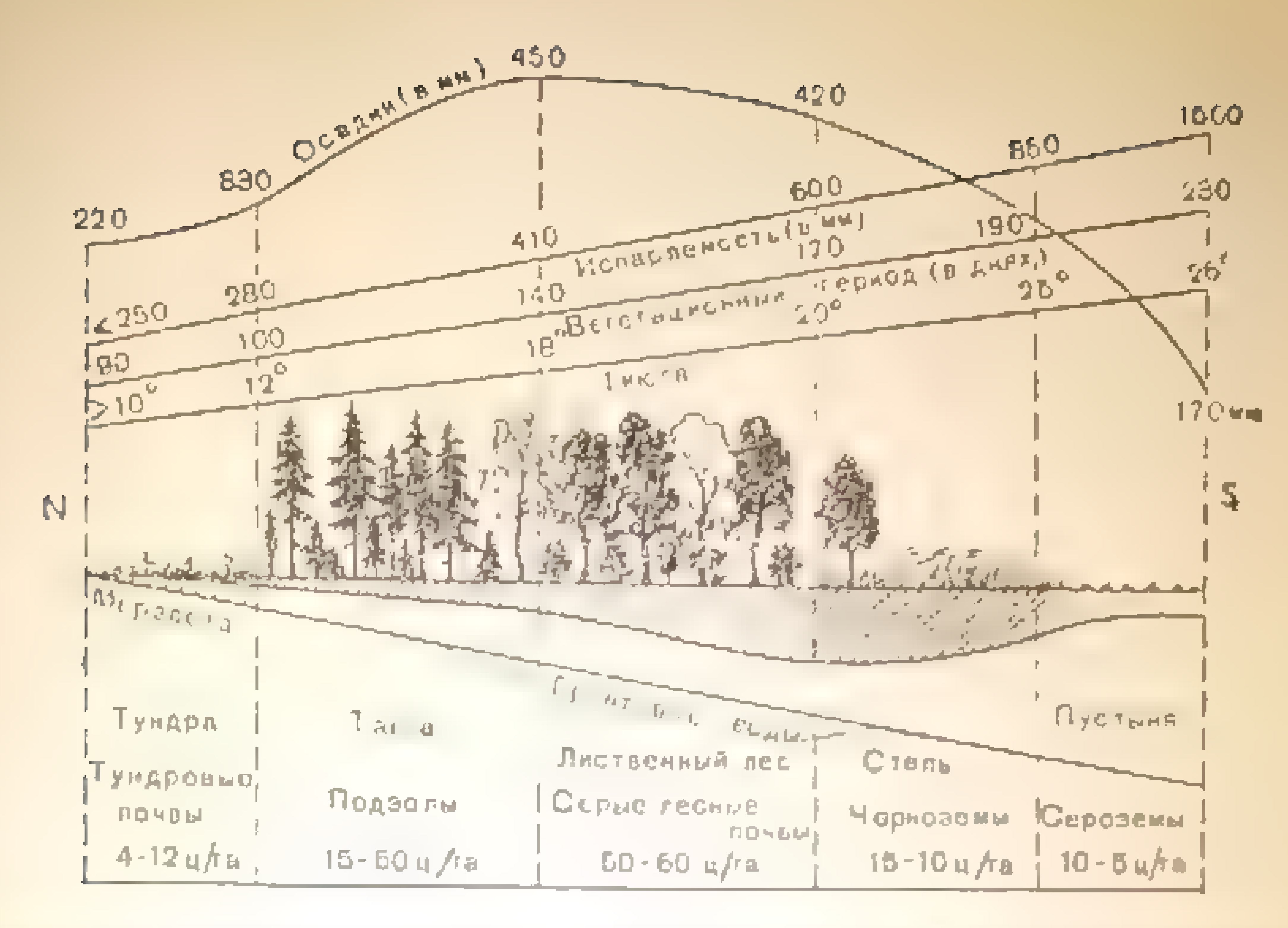


Рис. 163. Схема зависимости зональных типов биоценозов от климатических условий.

на небольшую глубину, а ниже сохраняется вечная мерзлота. Вследствие слабой испаряемости, даже при малом количестве осадков (менее 300 *мм*), часто возникает заболачивание. Жизнь в тундре сосредоточена в наиболее теплом приземном слое.

К этим тяжелым условиям приспособилось немного организмов, которые образуют бедные видами, своеобразные биоценозы. Растительность представлена лишайниками, мхами, низкорослыми многолетними травами и стелющимися кустарниками. Продукция растительности в тундровых биоценозах очень мала — менее 10 *ц/га* в год. Поэтому сравнительно беден и животный мир. Разложение органических остатков микроорганизмами из-за низкой температуры идет очень медленно, и почвы развиты слабо.

Южнее, где лето продолжительнее и теплее, а почва оттаивает полностью или на большую глубину, развивается обширная зона тайги с преобладанием биоценозов, основу которых составляют хвойные деревья: ель, пихта, сибирская сосна, а в континентальных условиях Восточной Сибири — лиственница. Темнохвойный лес может произрастать лишь в области с обильным увлажнением, нежарким летом (температура июля 15—19° С) и холодной, снежной зимой. Продуктивность растительности в таежных биоценозах высока, в среднем составляет 30—40 *ц/га*. В тайге сформировался богатый и очень характерный животный мир. В хвойных лесах формируются почвы подзолистого типа: бесструктурные, кислые, с малым количеством перегноя. При правильной эксплуатации богатые таежные биоценозы служат основным источником получения древесины, пушнины и ряда других ценных продуктов.

Далее к югу произрастанию хвойных деревьев препятствует недостаточная влажность воздуха и высокая температура лета (выше 19° в июле). Тайгу постепенно заменяют леса смешанные и широколиственные, особенно разнообразные в Европе и на Дальнем Востоке. Широколиственные леса занимают зону с обильными осадками (более 450 *мм*), умеренной температурой и четко выраженной сменой зимы и лета. Благоприятные условия привели к возникновению сложных биоценозов с высокой биологической продуктивностью. Количество образующейся растительной массы часто превышает 50—60 *ц га*.

Далее по мере уменьшения количества осадков (100—200 *мм*) и усиления испаряемости леса постепенно сменяются открытыми пространствами — степью. Основу биоценозов здесь составляют относительно засухоустойчивые дерновинные злаки — ковыли, типчак и мятлик — обычно с примесью различных двудольных растений. Они производят гораздо меньше органического вещества, чем леса, всего 10—15 *ц га*. Животный мир степей также здесь беднее и совершенно отличен от лесного по видовому составу. Неравномерное выпадение осадков по сезонам и летние засухи препятствуют деятельности почвенных микроорганизмов и полной минерализации органических остатков. Поэтому в степях образуются характерные черноземные почвы, очень богатые органическим веществом. Эта зона является одним из основных районов интенсивного зернового хозяйства.

Крайнее южное положение занимает зона пустынь. Здесь выпадает очень мало осадков (100—250 *мм*), а испаряемость очень велика (более 850 *мм*). Средняя температура в июле превышает 26°, а днем может достигать 45—50°. В этих условиях сложились совершенно особые и очень бедные биоценозы. Растительность здесь сильно разрежена и большая часть поверхности почвы остается оголенной. В пустынях встречаются лишь наиболее засухоустойчивые многолетние полукустарники и кустарники, реже небольшие деревья, например саксаул, тамарикс. Распространены также весенние эфемеры, использующие накопившуюся за зиму влагу и отмирающие летом. Животные пустынь также отличаются большой устойчивостью к сухости.

Недостаток воды затрудняет хозяйственное использование пустынь. При обводнении они могут служить хорошими пастбищами для овец. Искусственное орошение позволяет возделывать здесь разнообразные и ценные культуры — хлопчатник, плодовые субтропические культуры.

Описанная последовательность зон характерна лишь для континентальных стран. В районах, не испытывающих сильного недостатка в увлажнении, например в Восточной Азии, степи и пустыни отсутствуют и зона широколиственных лесов сменяется зоной вечнозеленых субтропических и, наконец, тропических лесов. Влажные тропические леса являются самыми богатыми по видовому составу и биологической продуктивности биоценозами.

Вертикальная зональность. Закономерная зональность биоценозов отчетливо проявляется в горах. Как известно, на каждые 100 *м* поднятия температура понижается в среднем на 0,5—0,6°, а количест-

го осадков обычно возрастает с высотой. Поэтому в горах климат приобретает черты, сходные с более северными районами. В соответствии с климатом закономерно изменяются и растительные зоны в том же порядке, что и в направлении к северу. Так, на Кавказе предгорные степи и полупустыни сменяются дубовыми и буковыми лесами; выше расположена зона хвойных лесов, а затем лугов; вблизи снеговой линии на осыпях развивается низкорослая [illegible] растительность, в известной мере напоминающая [illegible]. Интересно, что в альпийской зоне встречаются [illegible] растения и [illegible], распространенные в тундре и отсутствующие в других зонах.

Вопросы и задания

1. [illegible] биоценозов в природе. 2. В чем выражается [illegible] [illegible]

Глава XIV

Биосфера и человек

§ 79. Биосфера и свойства биомассы

Биология [illegible] свидетельствуют о том, что человечество вступает в «век биологии».

В этот век [illegible] процессах в [illegible]. Исследования космоса позволили [illegible] и изучать [illegible] ее сферы. [illegible] на Земле требует изыскания новых пищевых [illegible] промышленности и транспорта ставят [illegible] охраны живых организмов, но и охраны чистоты вод и [illegible] в масштабах, не ограниченных пределами отдельных стран, а [illegible] весь земной шар.

В связи с этими проблемами необходимо понять роль живой природы в круговоротах веществ. Главное же — определить значимость живой природы как носителя и трансформатора энергии.

Источник энергии на Земле — излучения Солнца: ультрафиолетовые, тепловые и световые. Большая часть ультрафиолетовых излучений задерживается в верхних слоях разреженной газовой оболочки Земли. Тепловые лучи поглощаются Мировым океаном, поверхностью суши, организмами и влияют на климат. Они вызывают испарение воды, осадки, ветры, морские течения, разрушение горных пород.

Совершенно особое значение имеют световые излучения Солнца. Зеленые растения, улавливая световые лучи, путем фотосинтеза создают, накапливают органические вещества, служащие пищей и источником энергии для всех других живых организмов: незеленых растений, животных и человека. Солнечная энергия превращается на Земле в энергию жизни.

Биосфера и ее границы. Изучение многообразия форм органического мира и закономерностей его развития не будет полным без определения места и роли живых организмов в целом на планете Земля.

Совокупность всех живых организмов составляет живое вещество, или биомассу, планеты.

Жизнедеятельность организмов изменила и изменяет земную кору и атмосферу. Растительная часть биомассы за миллиарды лет очистила атмосферу от углекислого газа, обогатила ее кислородом и привела к отложению углерода в известняках, каменных углях, нефти.

В результате эволюции вокруг Земли образовалась особая оболочка, или сфера, населенная живыми организмами. Эта земная оболочка, или область жизни, названа биосферой («биос» — жизнь, «сфера» — шар, *греч.*). Впервые это название было дано Ж. Б. Ламарком. Учение же о биосфере создано академиком В. И. Вернадским (1863—1945), основоположником новой науки — биогеохимии, связавшей химию Земли с химией жизни и установившей роль живого вещества в преобразовании земной поверхности (рис 164).

На планете Земля различают несколько геосфер. Земная кора, или л и т о с ф е р а («литос» — камень, *греч.*), — внешняя твердая оболочка земного шара. Она состоит из двух слоев: верхнего — осадочные породы с гранитом и нижнего — базальта. Слои в литосфере расположены неравномерно. Гранит, образовавшийся из переплавленных осадочных пород, выходит местами на поверхность. Верхний слой литосферы находится в движении, образуя складки гор, изгибается. Океанические впадины доходят до базальта. Базальтовый слой — первоначальная кристаллическая кора Земли.

Все океаны, моря (совокупность их называют Мировым океаном), составляющие 70,8% поверхности Земли, а также озера, реки образуют г и д р о с ф е р у. Мощность гидросферы в Мировом океане в среднем 4 *км*, в отдельных же впадинах достигает 11,5 *км* глубины.

Примыкающий к поверхности Земли нижний слой атмосферы, в среднем 15 *км* высотой, носит название т р о п о с ф е р ы («тропэ» — перемена, *греч.*). Тропосфера включает взвешенные в воздухе водяные пары. Неравномерность нагрева поверхности Земли и океана в течение суток и сезонов вызывает перемещения тепла и влаги.

Над тропосферой различают с т р а т о с ф е р у («стратум» — слой, *греч.*) высотой до 100 *км*. У границы ее возникают северные сияния. В стратосфере на высоте 45 *км* свободный кислород под влиянием солнечной радиации превращается в озон ($O_2 \rightarrow O_3$), образующий экран, который отражает губительные для живых организмов космические излучения и частично ультрафиолетовые лучи Солнца. Выше стратосферы идет и о н о с ф е р а — слой разреженного газа из ионизированных атомов.

Среди всех сфер Земли особое место занимает биосфера. Б и о с ф е р а — г е о л о г и ч е с к а я о б о л о ч к а, н а с е л е н н а я ж и в ы м и о р г а н и з м а м и. Она охватывает поверхность Земли, верхнюю часть литосферы, всю гидросферу, тропосферу и нижнюю часть

стратосферы (рис. 164). В биосфере проявляется геологическая деятельность живого вещества: растений, животных, микроорганизмов и человечества. Границы биосферы определяются наличием условий, необходимых для жизни различных организмов. Верхний предел жизни биосферы ограничен интенсивной концентрацией ультрафиолетовых лучей, нижний — высокой температурой земных недр (свыше 100° С). Крайних пределов ее достигают только низшие организмы — бактерии. Споры бактерий и грибов залетают в стратосферу на высоту 20 км, а анаэробных бактерий находят в земной коре в бескислородной среде на глубине свыше 3 км, в частности в водах месторождений нефти (рис. 165).

Масса живого вещества по сравнению с массой земной коры незначительна. И тем не менее химический состав земной коры в ее существенных чертах обусловлен жизнедеятельностью биомассы.

Плотность жизни. Наибольшая концентрация живой массы в биосфере сосредоточена у поверхности суши и океана. Тонкий слой атмосферы, исчисляемый десятками метров, и почва особенно насыщены жизнью. Непременными условиями жизни являются вода, кислород, необходимый для дыхания, и другие химические элементы, нужные для питания организмов.

Накопление биомассы обусловливается освещенностью планеты солнечными лучами и фотосинтетической способностью зеленых растений, образующих органические вещества.

На суше Земли, начиная от полюсов к экватору, биомасса постепенно увеличивается. Вместе с тем возрастает и количество видов растений. Тундра с лишайниками и мхами (включающая до 500 видов растений) сменяется хвойными и широколиственными лесами, затем степями (до 2000 видов) и субтропической растительностью (свыше 3000 видов). Наибольшее сгущение и многообразие растений во влажных тропических лесах. В них свыше 8000 самых разнообразных видов растений. Высота деревьев при этом достигает 110—120 м (рис. 166). Растения расположены

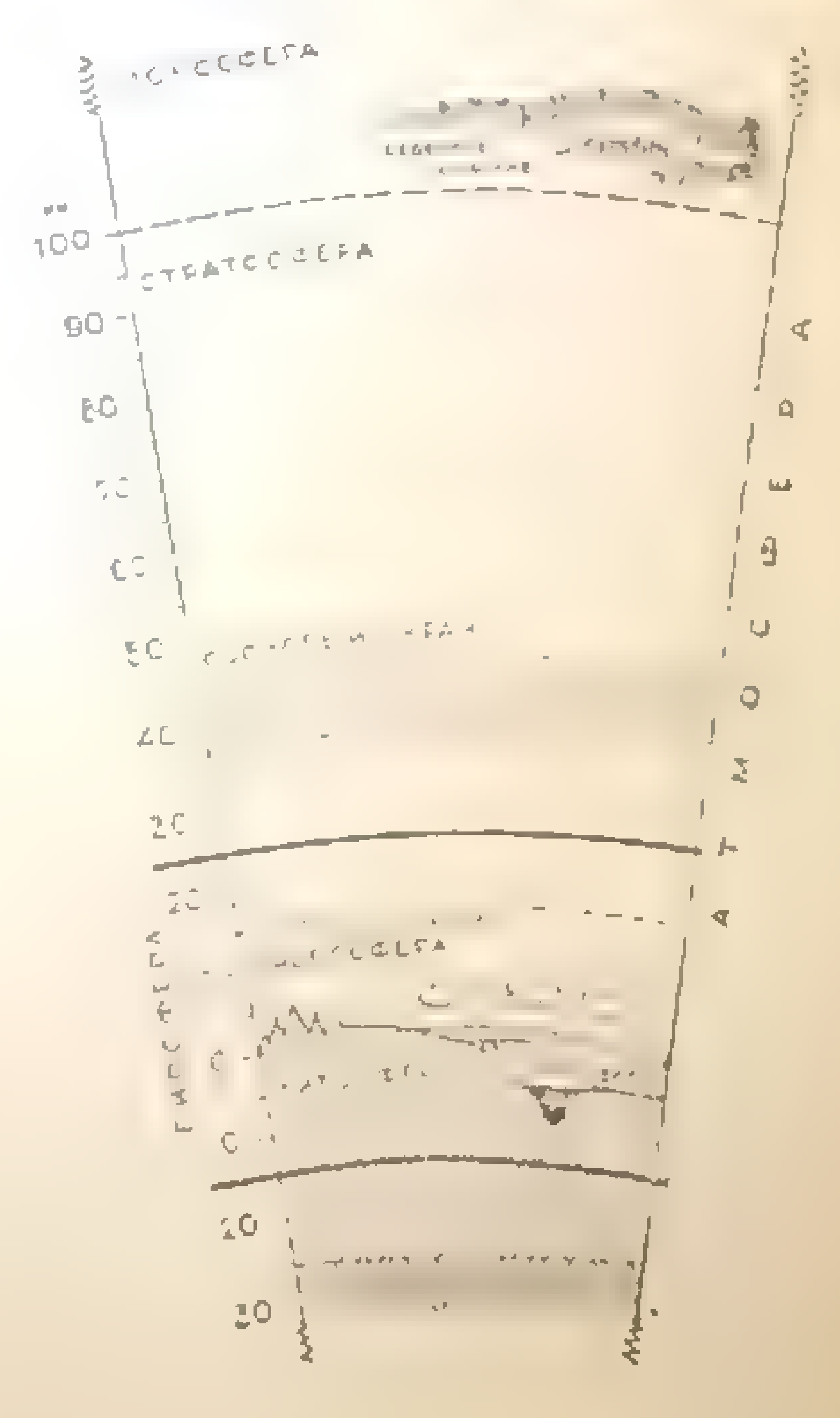


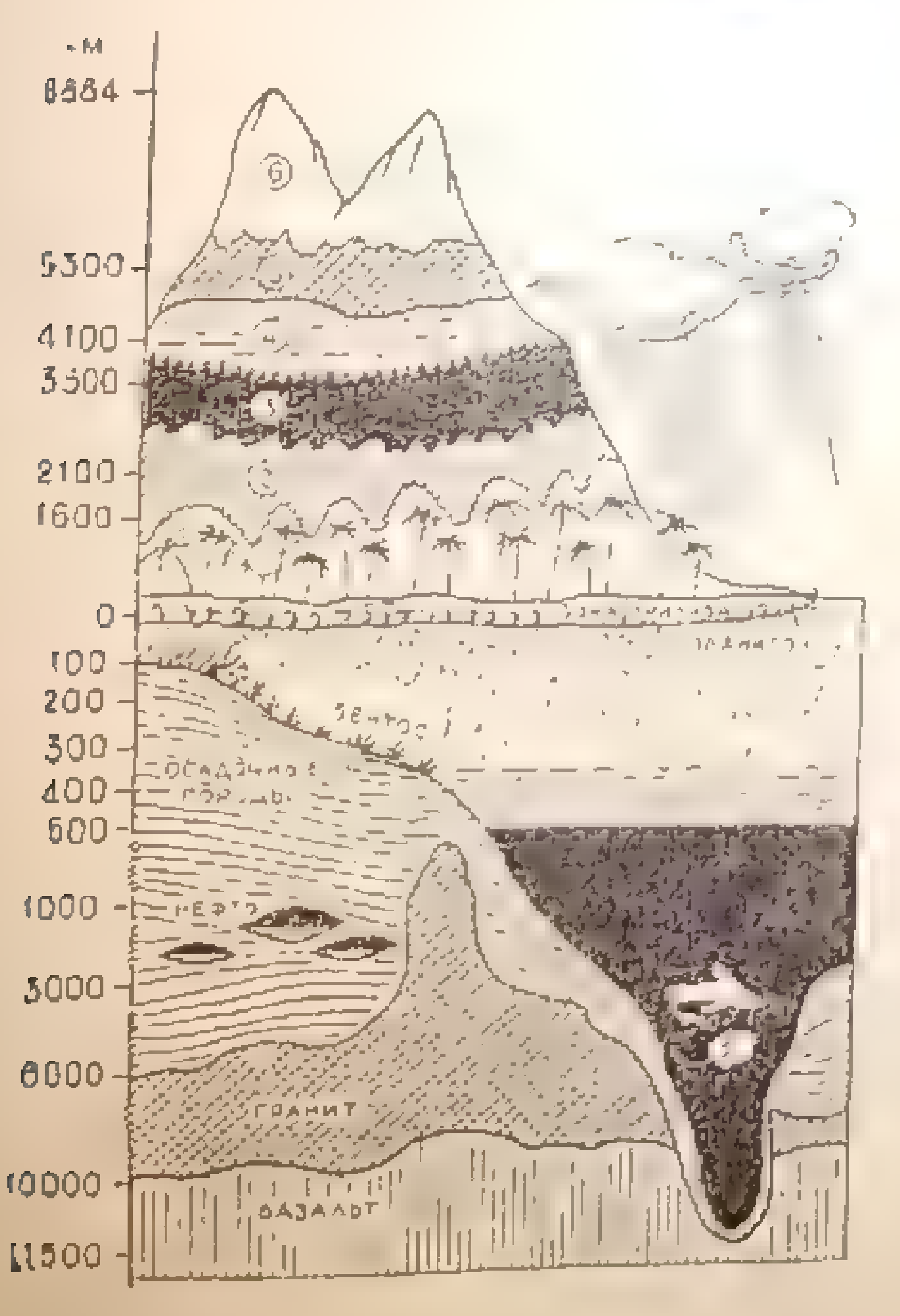
Рис. 164 Геосферы Земли.

в несколько ярусов, и эпифиты покрывают деревья. Количество и разнообразие видов животных зависит от растительной массы и тоже увеличивается к экватору. В лесах животные расселены в различных ярусах. Наибольшей плотности жизнь достигает при большем разнообразии строения организмов, т. е. при различной приспособленности к условиям совместной жизни. Особенно насыщенная плотность жизни наблюдается в сообществах — биоценозах, где совместно существуют организмы, связанные цепями питания. Цепи питания, переплетаясь, образуют сложную сеть питания (рис. 167). Между организмами идет жесточайшее состязание за обладание пространством, пищей, светом, кислородом.

Организмы, составляющие биомассу, обладают громадной способностью воспроизводства — размножения и распространения по планете. В некоторые годы размножение отдельных видов вспыхивает с такой силой, что влечет за собой эпидемии или нашествие громадных масс насекомых (саранча), грызунов и других животных. Захват пространства у разных организмов обусловлен разной скоростью передачи жизни новому поколению. Мелкие организмы, особенно в водной среде, размножаются и распространяются очень быстро. Численность некоторых бактерий удваивается каждые 22 минуты. Быстро размножаются членистоногие, составляющие главную массу животного вещества суши. При достаточном питании и свободном от других организмов пространстве вся поверхность Земли была бы с различной скоростью заселена определенными растениями или животными:

Рис. 165. Пределы жизни в биосфере.

1 — тропические и субтропические леса; 2 — широколиственные леса; 3 — хвойные леса; 4 — альпийские луга; 5 — тундра, 6 — льды.



бактериями холеры — в 1,25 суток,
инфузориями (парамеция)—в 31,8,
водорослями планктона — в 183,
мухой домашней — в течение года,
клевером—в 11 лет, крысой—в 8 лет.

Энергия биомассы особенно проявляется в размножении. «Живое вещество — совокупность организмов — подобно массе газа растекается по земной поверхности и оказывает определенное давление в окружающей среде, обходит препятствия, мешающие его продвижению,

или ими овладевает, их покрывает. Это движение достигается путем размножения организмов... Уже К. Линней ясно видел, что это свойство должно считаться основным для живого, той непроходимой гранью, которая отделяет его от мертвой косной материи» (Вернадский).

Плотность жизни зависит от размеров организмов и необходимой для их жизни площади. Для ряски и водорослей хлореллы она определяется площадью, равной их размерам. [illegible] требуется площадь в 30 $км^2$, пчеле для сбора меда — [illegible] $м^2$, травянистым растениям в среднем — 30 $см^2$ почвы.

В биосфере растительная масса во много раз превышает животную. В целом биомасса в биосфере по весу составляет лишь около 0,01%, но роль ее на планете грандиозна. Среди различных биогеоценозов, или экосистем, особое место в биосфере по [illegible] разнообразными организмами и [illegible] занимают леса, [illegible] и Мировой океан. Своеобразные биоценозы почв покрывают [illegible] всю поверхность суши. Почва — не только среда, необходимая для жизни растений, но и биоценоз, [illegible] разнообразными и многочисленными живыми организмами.

Рис. 166. Распространение биомассы.

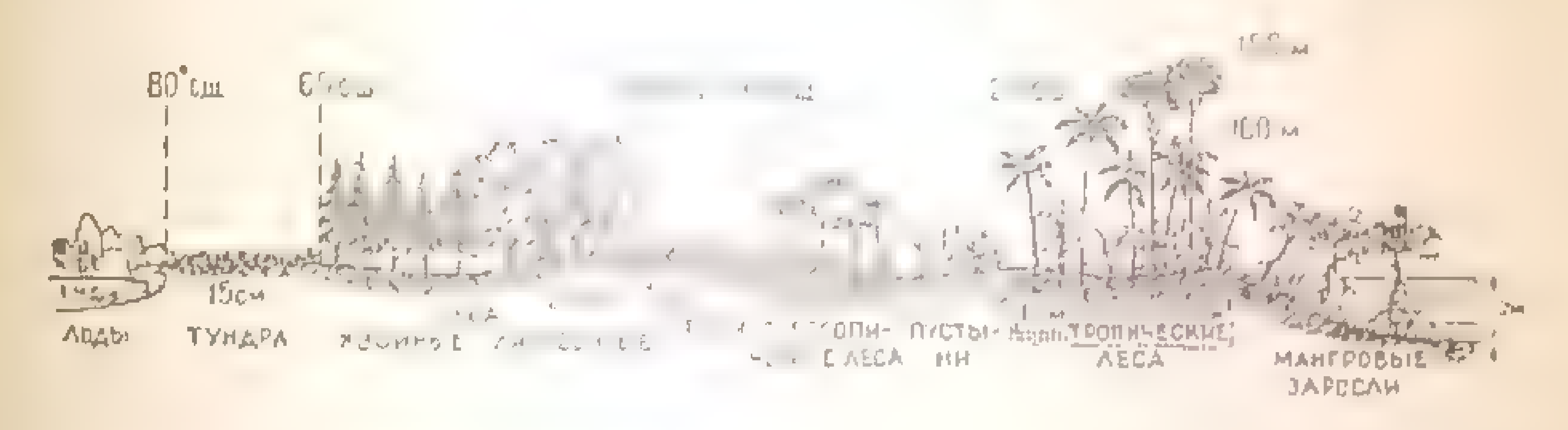
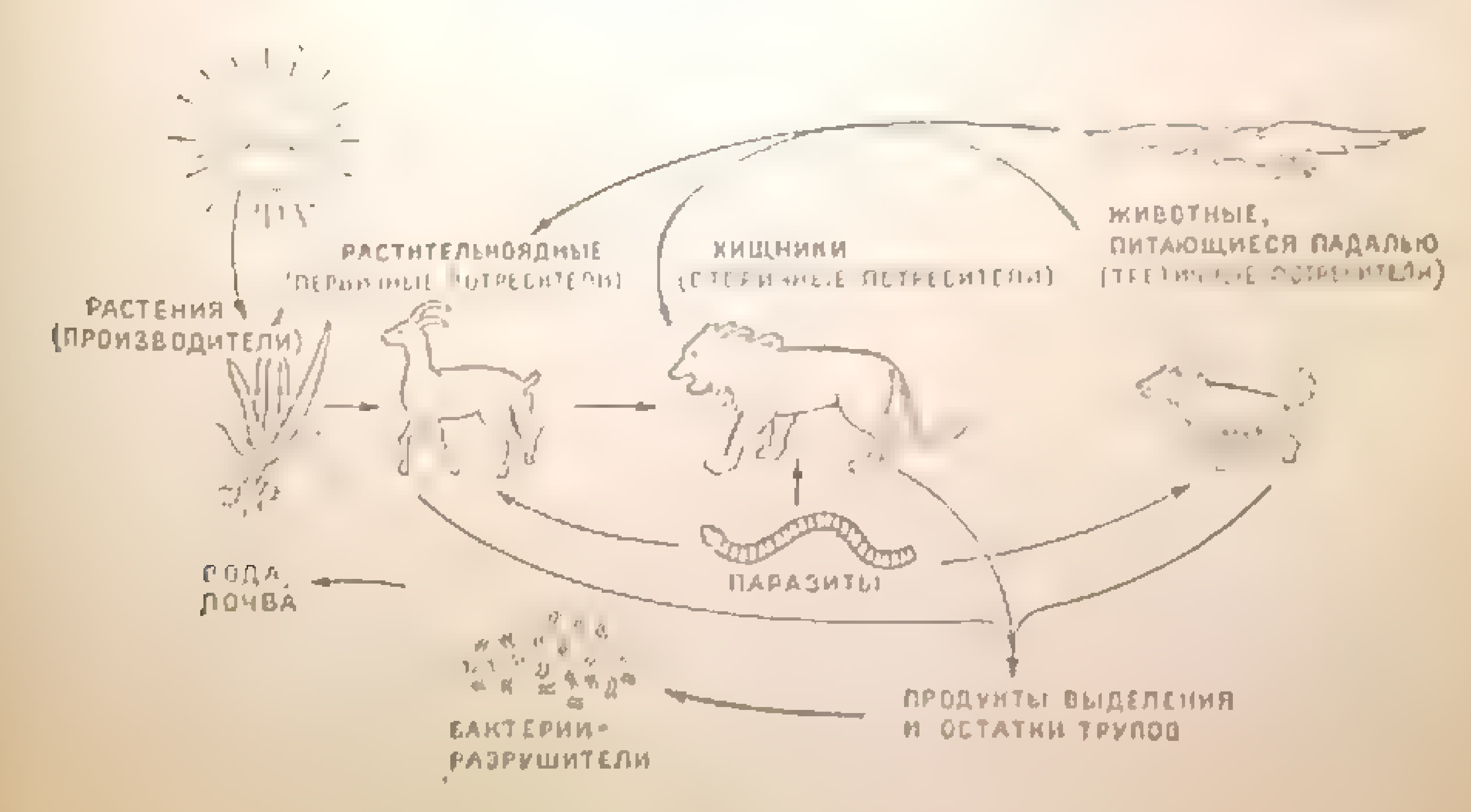


Рис. 167. Сеть питания.



Биомасса в почве. В почвах сосредоточена деятельность живого вещества, имеющая геологическое значение. Почва — рыхлый поверхностный слой земной коры, изменяемый атмосферой и организмами и постоянно пополняемый органическими остатками. Органические остатки концентрируются в почве. Образование живого органического вещества происходит на земной поверхности, разложение же органических веществ, их минерализация осуществляется в почве и в более глубоких горизонтах литосферы. Почва образовалась под воздействием организмов и физико-химических факторов. Мощность почвы наряду с поверхностной биомассой и под влиянием ее увеличивается от полюсов к экватору. В северных широтах особое значение имеет перегной, мощность которого в подзолистых почвах 5—10 *см*, а в черноземных — 1—1,5 *м*. Деревья распространяют корни на глубину до 10 *м* и более. Корневая система по объему равна кроне деревьев. Корни деревьев, кустарников, травянистых растений расположены в почве и в нижележащих слоях подпочвы ярусами. И между растениями в почве также идет состязание за площадь, воду, минеральные соли и воздух. На разной глубине находятся норы кротов, сусликов, сурков и других крупных животных, ходы червей, скопления насекомых и их личинок, долбящих, роющих, сверлящих почву. В разных почвах свои биоценозы, невидимые с поверхности Земли. Отдельные особи проявляют совсем незаметную деятельность, но в массе все они производят огромную работу. По наблюдению Ч. Дарвина, дождевые черви, пропуская почву через свой кишечник, выносят ее на поверхность, ежегодно образуя слой в 0,5 *см*, весом в 25 *т* на 1 *га*.

Почва плотно заселена живыми организмами. Биомасса одних дождевых червей в суглинистых почвах достигает 2,5 млн. особей, или 1,2 *т* на 1 *га*. Количество бактерий в 1 *г* почвы измеряется сотнями миллионов. В почве постоянно протекают процессы изменения веществ. Вода от дождей, тающих снегов обогащает ее кислородом и растворяет минеральные соли. Часть растворов удерживается в почве, часть выносится в реки и океан. Почва испаряет поднимающуюся по капиллярам грунтовую воду. Происходит круговорот растворов и выпадение солей в разных почвенных горизонтах

В почве происходит и газообмен. Ночью при охлаждении и сжатии газов в почву проникает большое количество воздуха. Кислород воздуха поглощается животными и растениями и входит в состав химических соединений. Проникший в почву с воздухом азот улавливается некоторыми бактериями. Днем при нагревании почвы выделяются газы: углекислый, сероводород, аммиак. Все процессы, происходящие в почве, связаны с круговоротом веществ биосферы.

Биомасса в Мировом океане. Гидросфера Земли, или Мировой океан, занимает более $^{2}/_{3}$ поверхности планеты. Объем воды в Мировом океане в 15 раз больше возвышающейся над уровнем моря суши (91 млн. $км^3$). Площадь океана 361 млн. $км^2$, суши — 148 млн. $км^2$.

Вода обладает особыми свойствами, важными для жизни организмов. Ее высокая теплоемкость делает более равномерной температуру океанов и морей, сглаживая крайние изменения температуры зи-

ной и летом. Теплопроводность воды больше теплопроводности воздуха в 20 раз. Океан замерзает только у полюсов, но и подо льдом существуют живые организмы.

Вода — хороший растворитель. В состав воды океана входят минеральные соли, содержащие около 60 химических элементов. И что особенно важно для жизни растений и животных — в ней растворяются поступающие из воздуха O_2 и CO_2. Водные животные выделяют при дыхании CO_2, а водоросли при фотосинтезе обогащают воду O_2.

Физические свойства и [illegible] состав вод океана весьма постоянны и создают среду, благоприятную для жизни. В океане питательный раствор, насыщенный O_2 и CO_2, омывает все клетки растений. Прозрачность воды океана позволяет лучам Солнца проникать на глубину до 200 *м*. Фотосинтез водорослей происходит главным образом в верхнем слое воды — до 100 *м*. Поверхность океана в этой толще заполнена микроскопическими одноклеточными водорослями.

На океан приходится 80 [illegible] фотосинтеза, происходящего на всей планете. Водоросли [illegible] слоя океана — главные трансформаторы световой энергии, превращающие ее в химическую.

Взвешенные в воде [illegible] и мельчайшие животные образуют **планктон** ([illegible] — [illegible], *греч.*). Масса водорослей привлекает большое [illegible] животных: веслоногих рачков, оболочников, [illegible]. Здесь же откармливаются личинки животных, которые [illegible] опускаются в глубины.

Планктон имеет [illegible] значение в питании животного мира океана. В океане [illegible] цепи питания живых организмов. Водорослями [illegible] рачки. Рачков поедают сельди и другие рыбы. [illegible] в пищу хищным рыбам и чайкам. Планктоном питаются [illegible] трески. Вырастая, треска сначала употребляет в пищу [illegible], моллюсков, червей, а затем кильку, сельдь и других рыб. Питается планктоном и кит.

В океане, кроме планктона и свободно плавающих организмов, много организмов, прикрепленных ко дну и ползающих по нему. Население дна носит название **бентоса** («бентос» — придонный, *греч.*). Крупные водоросли растут у берегов океанов и морей на разной глубине: зеленые — до 50—100 *м*; бурые — фукусы, ламинарии (пальчатые и сахарные) — до 100—150 *м*, красные водоросли порфира, кораллина и др. — до 200 *м*. Многие из них имеют большие размеры: ламинарии — 4 *м*, макроцистис — 300 *м*. Заросли водорослей кишат всевозможными животными. Разнообразие видов водорослей увеличивается от полюсов к экватору. В океане наблюдаются **сгущения** организмов: планктонное, донное, прибрежное. Своеобразное сгущение — Саргассово «море» занимает в Атлантическом океане площадь, равную почти площади Австралии. Поверхность этого «моря» покрыта плавающими крупными водорослями с воздушными пузырьками внутри («сарга» — виноград, *исп.*). Масса водорослей исчисляется в 10 млн. *т*. В Саргассовом «море» множество животных, здесь откармливаются и личинки речных угрей.

К живым сгущениям относятся и колонии кораллов, образующие рифы и острова. Однако такими сгущениями занято около 2% водной массы океана. В основном в океане жизнь рассеяна. В громадной толще воды активно плавают рыбы, морские млекопитающие, кальмары. Совокупность активно плавающих организмов называют **н е к т о н о м** («нектос» — плавающий, *греч.*).

Отмирающие организмы медленно осаждаются на дно океана. Многие из них покрыты кремневыми и известковыми оболочками, раковинами. На дне океана они образуют осадочные породы. Так, на месте моря, покрывавшего 170 млн. лет назад Центральную Европу, находят в земле известняки, мел. В мелу можно рассмотреть микроскопические раковины древнейших животных.

Во всей толще воды океана распространены бактерии, превращающие органические вещества в неорганические.

В настоящее время в ряде стран решается проблема добычи из океана пресной воды, металлов и более полного использования его пищевых ресурсов с охраной наиболее ценных животных.

Гидросфера оказывает наиболее мощное влияние на всю биосферу. Суточные и сезонные колебания [illegible] поверхности суши и океана вызывают циркуляцию [illegible] в атмосфере и влияют на круговорот веществ во всей биосфере.

Вопросы и задания

1. Что такое биосфера? 2. [illegible] на примере одного из биоценозов, учитывая материал [illegible] 3. [illegible] понимается под «давлением жизни»? 4. Как протекает жизнь в [illegible] 5. Составьте схему цепи питания организмов в океане.

§ 80. Круговорот веществ и превращение энергии в биосфере

Круговорот веществ. Живой организм в природе всегда находится во взаимосвязи с животными и растительными организмами, а также с окружающими его физико-химическими условиями.

Во всяком биоценозе эти взаимоотношения очень сложны и противоречивы. Животные и растения связаны цепями питания друг с другом и постоянным обменом веществ с окружающей неживой природой (свет, вода, тепло, воздух, химические элементы). Тем самым они включаются в круговороты веществ, происходящие в каждом биоценозе и во всей биосфере в целом. В биосфере все время совершаются круговороты воды и всех других элементов, входящих в состав живых организмов (рис. 168). Процесс этот длится десятки миллионов лет. «На земной поверхности нет химической силы, более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом» (**В е р н а д с к и й**).

Роль микроорганизмов в биосфере. Распространенность микроорганизмов в атмосфере, литосфере и гидросфере, быстрота их размножения и жизнедеятельность, влияющие на круговорот веществ, играют колоссальную роль в биосфере.

Споры некоторых бактерий сохраняют жизнеспособность при температуре —253° С и при +120° С. Маленькие и легкие микроорганизмы и споры заносятся за пределы тропосферы. Распространение бактерий обусловлено быстротой их размножения. Грамм бактерий содержит свыше 600 млрд. особей. Потомство одной бактерии при наличии питательных веществ и беспрепятственном размножении за 5 суток заполнило бы Мировой океан.

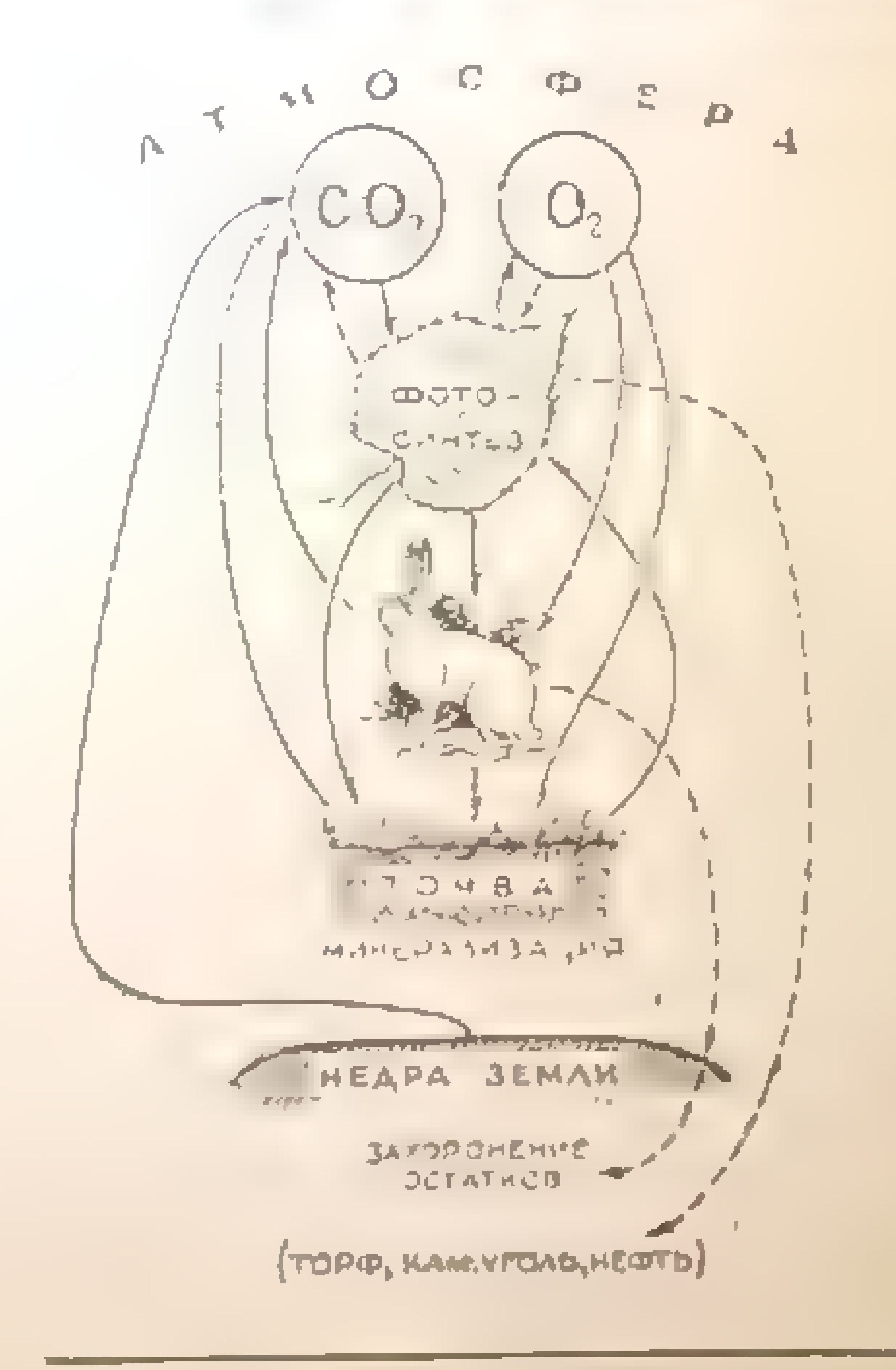
По роду питания и использования энергии различают следующие бактерии: *хемосинтезирующие*, использующие энергию химических соединений (железобактерии, серобактерии, азотобактерии и др.); *бактерии-сапрофиты*, пищей которых служат органические вещества (молочнокислые, маслянокислые, уксуснокислые, гнилостные и др.), *бактерии паразиты*, питающиеся за счет живых организмов (болезнетворные — туберкулеза, чумы, холеры, тифа и др.). Узкая «специализация» жизнедеятельности бактерий приводит к смене одних бактерий другими. Молочнокислые бактерии, окисляя молочный сахар, погибают в созданной ими среде молочной кислоты, но в ней поселяются маслянокислые бактерии. В почве гнилостные бактерии разлагают органические остатки, выделяя аммиак, который другие бактерии превращают в азотистую, а затем в азотную кислоту.

Азотистые бактерии и серобактерии используют CO_2 при отсутствии света.

Наряду с накоплением в почве соединений азота нитрифицирующими (аэробными) и другими бактериями в ней происходит и обратный процесс выделения аммиака в воздух денитрифицирующими (анаэробными) бактериями. В глубоких горизонтах литосферы происходит активная геохимическая деятельность бактерий, разрушающих органические вещества, рассеянные в горных породах.

Л. Пастер назвал бактерий «великими могильщиками природы». Ежеминутно умирают миллионы организмов. Сгнивание мертвых тел растений и животных — величайший процесс в биосфере, вновь превращающий сложные органические соединения в минеральные. При гниении

Рис. 168. Круговорот углерода.



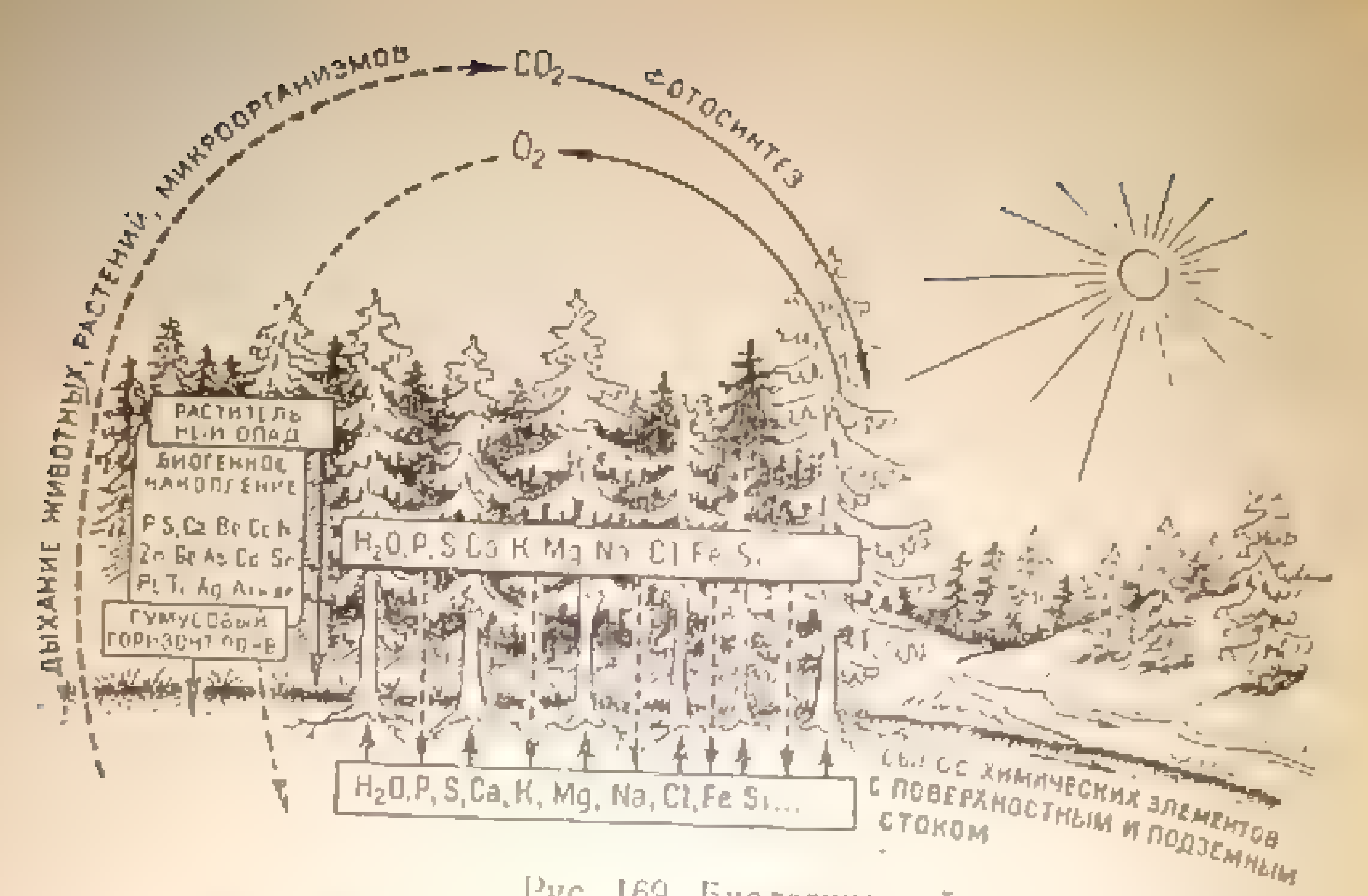


Рис. 169. Биологический круговорот элементов.

выделяется в атмосферу большее количество CO_2 и H_2S. Если зеленые растения являются производителями органического вещества, животные — его потребителями, то микроорганизмы в основном — его разрушителями. Микроорганизмы принимают участие в геохимических процессах и круговоротах веществ в биосфере.

Биогенная миграция атомов. Освобожденные при гниении микроорганизмами элементы, поступая в почву и атмосферу, снова включаются в круговорот веществ биосферы, захватываются живыми организмами, «жизненным вихрем» (Вернадский).

Исследованиями доказано, что в круговороте элементов биосферы в состав живых организмов входят одни и те же элементы (C, N, H, O, S), которые названы биофильными (жизнелюбивыми). Из неживой природы они переходят в состав растений, из растений — в животных и человека (рис. 168). Атомы, захваченные «жизненным вихрем», переходят из организма в организм и удерживаются в круге жизни сотни миллионов лет, что подтверждают последние данные об изотопах. В состав органических соединений входят определенные изотопы элементов. Из трех изотопов водорода H^1, H^2, H^3 биофильным будет первый, вступающий в реакцию в 6 раз быстрее, чем второй. В природе существует три изотопа кислорода: O^{16}, O^{17} и O^{18}. Кислород O^{16}, наиболее легкий, связан с водой и фотосинтезом. Известно, что в состав органических веществ входит C^{12}, тогда как в неорганических процессах участвует C^{13}. В биосфере совершается постоянный круговорот биофильных элементов, переходящих из организма в организм, в неживую природу и снова в организм. Это **биогенная миграция**, отличающаяся от происходящих на Земле физико-химических перемещений в водной среде (растворение элементов, передвижение растворов в почвенных, грунтовых и поверхностных водах) и атмосфере (передвижение газообразных соединений и паров воды).

Для биогенной миграции характерна аккумуляция, концентрация элементов в живых организмах. Ей противостоит процесс минерализации в результате разложения мертвых организмов. В каждом биоценозе можно наблюдать биологический круговорот элементов — аккумуляцию и минерализацию их (рис. 169). Образование живого вещества преобладает над минерализацией на поверхности суши и в верхних горизонтах моря при наличии зеленых растений. Растительный покров земного шара извлекает из углекислого газа атмосферы и гидросферы углерод. Минерализация же преобладает в почве и в глубинах моря. Перенос химических элементов производится дальними миграциями птиц, рыб и насекомых.

Сложная цепь взаимоотношений растений и животных, передающих друг другу необходимые для жизни элементы, видна во всех биоценозах (см. главу XIII).

Биогенная миграция вызывается тремя процессами жизни: обменом веществ в организмах, ростом и размножением их.

Различают два рода биогенной миграции атомов: первый — миграция, производимая микроорганизмами, обладающими огромной интенсивностью размножения, и второй — многоклеточными организмами. Более мелкие организмы размножаются значительно быстрее, чем крупные, и поэтому миграция атомов первого рода превышает миграцию второго рода. Человечество овладело миграцией атомов третьего рода, идущей под влиянием его деятельности (см. § 78).

Биосфера и превращение энергии. Живое вещество Земли не только зависит от необходимых для него условий жизни, но и само охватывает и перестраивает все химические процессы биосферы, в которой одновременно происходит накопление и потеря энергии. Энергетический баланс Земли слагается из различных источников. Главнейшие из них — солнечная и радиоактивная энергия. В ходе эволюции Земли радиоактивное вещество распадалось, и 3 млрд. лет назад радиоактивного тепла было в 15 раз больше. Тепло лучей Солнца, падающее на Землю, теперь значительно превосходит внутреннее тепло от радиоактивного распада.

Главнейшую роль в жизни на Земле играет непрерывно поступающая энергия Солнца (2,5 · 10[illegible] *ккал/год*): 42% солнечной энергии отражается Землей в мировое пространство, 58% поглощается атмосферой и почвой. Из этого количества Землей излучается более 20%, а 10% расходуется на испарение воды с поверхности Мирового океана. Падающая на Землю солнечная энергия аккумулируется зелеными растениями (цветковыми — до 1,5–2%, водорослями — до 3,5%) и поступает в круговорот энергии биосферы.

Зеленые растения земного шара образуют в год около 100 млрд. *т* органических веществ и запасают в них около $450 \cdot 10^{15}$ *ккал* энергии. При этом они поглощают около 170 млрд. *т* CO_2, выделяют около 115 млрд. *т* O_2 и испаряют $16 \cdot 10^{13}$ *т* воды[1]. Солнце —

[1] Приводимые в этой главе цифры примерные, так как научные исследования приносят все новые и новые данные.

источник энергии на Земле, которая трансформируется в процессе фотосинтеза растениями, образующими органические вещества и освобождающими кислород. Продукты фотосинтеза являются энергетическим источником жизни на Земле. Образование органических веществ — эндотермический процесс, окисление их — экзотермический. Наряду с фотосинтезом в зеленых растениях, на Земле происходит почти равное ему по масштабу окисление органических веществ в процессах дыхания, брожения и гниения с выделением тепла, H_2O и CO_2. Частично солнечная энергия консервировалась в земной коре в остатках организмов: в каменном угле, нефти, сапропеле (иле) и торфе.

Солнечная энергия возбуждает на Земле грандиозные по своим масштабам климатические, геологические и биологические процессы. Под влиянием биосферы она преобразуется в различные формы энергии, вызывающие огромные по размерам и скорости превращения миграции и круговороты веществ, увеличение и распространение биомассы.

Грандиозность и взаимосвязанность круговорота веществ на планете Земля очевидна из следующего расчета. Без фотосинтеза растений в течение 100 лет содержание CO_2 в воздухе значительно увеличилось бы, что привело бы к гибели людей и животных. При этом произошло бы общее потепление климата Земли. Льды Арктики и Антарктики тогда растаяли бы и уровень Мирового океана поднялся на 50 м, вызвав затопление части материков.

В биосфере в течение более 2 млрд. лет идут изменения. Мощность биосферы расширяется, проникая в новые, ранее безжизненные области планеты. Биосфера охватывает весь земной шар. В нее входят все различные экосистемы (биоценозы).

Биосфера — грандиозная система биоценозов и круговоротов веществ, но система открытая, так как в нее извне постоянно вливается поток солнечной энергии.

Вопросы и задания

1. Начертите схему круговорота одного из элементов в биосфере, пользуясь учебником химии. 2. Как происходит биогенная миграция атомов в биосфере?

§ 81. Биосфера и эволюция органического мира

Вместе с эволюцией органического мира шло образование биосферы, расширение ее границ, изменение состава, ускорение биогенной миграции атомов.

Живые организмы с самого начала своего появления в процессе жизнедеятельности стали изменять окружающую среду.

В результате жизнедеятельности хемосинтезирующих бактерий более 3 млрд. лет назад началось отложение некоторых марганцевых и железных руд, фосфоритов, серы. Первые микроорганизмы — пурпурные и зеленые бактерии, а затем сине-зеленые водоросли стали усваивать CO_2 и выделять O_2. Уменьшение в атмосфере CO_2 и обогащение ее O_2 можно считать началом развития биосферы.

В течение длительного времени зеленое живое вещество поглотило из атмосферы громадное количество CO_2, которого в древнейшее вре-

мя было в сотни раз больше, чем теперь. Наличие водорослей и кислорода было необходимым условием появления первичных беспозвоночных животных. Известковые скелеты беспозвоночных: корненожек, кораллов, моллюсков, образовали осадочные породы (мел, известняк). Из отмирающих сине-зеленых и красных водорослей отлагался кальций. Из диатомей и губок осаждался кремнезем. Каменный уголь образовался из остатков древних деревьев, нефть — из планктона древних морей и водоемов.

Скорость биогенной миграции атомов, определяемая интенсивностью размножения одноклеточных организмов, сыграла первичную и важную роль в накоплении биомассы на Земле.

В водной среде только при наличии бактерий и водорослей (фитопланктона) могли появиться зоопланктон и другие животные.

Колоссальная размножаемость организмов увеличивала биомассу, которая распространялась по лику Земли, заполняя образуемую ею же биосферу. На Земле в разных средах в процессе эволюции образовывались самые различные биоценозы, находящиеся в постоянном взаимодействии друг с другом. Организмам для существования необходимы определенные условия внешней среды, которую они в процессе обмена веществ постоянно сами изменяют.

В процессе эволюции живые организмы постепенно обособлялись от непосредственной зависимости от среды. Первые организмы (бактерии, водоросли) были погружены в питающую среду.

Постепенно появились многоклеточные организмы, более не зависимые от изменений внешней среды и имеющие свою внутреннюю регулируемую ими среду. Многоклеточные организмы обладают системами, регулирующими жизненные процессы: питание и пищеварение, газообмен и доставку питательных веществ, поступающих в клетки, и выделение. Нервная система устанавливает контакт организма с внешней средой посредством координации восприятия раздражения, проведения возбуждения и ответной реакции. Именно развитие нервной системы у животных способствовало ориентации и передвижению в пространстве. По мере эволюции возрастала скорость передачи (миграции) вещества и энергии в живой природе в образовавшихся биоценозах. Уменьшение зависимости от внешней среды, увеличение запаса энергии и развитие мозга в процессе эволюции получило исключительное выражение в человеке. Человек уже сознательно стал стремиться преодолеть свою зависимость от природы и подчинить ее.

Величие жизни становится понятнее, когда представляешь всю ее совокупность, все проявление ее на планете Земля. Знание биосферы необходимо не только для обобщения всего изученного по биологии, но и для широкого материалистического мировоззрения и понимания роли человека на Земле.

Вопросы и задания

1. Как в процессе эволюции усложнялось строение растительных и животных организмов? (См. гл. IV.)
2. Как возникла и развивалась биосфера?

§ 82. Роль человека в биосфере

Ноосфера. Человечество — часть биомассы биосферы — долгое время находилось в зависимости от окружающей природы. С развитием же мозга человек сам становится мощным фактором дальнейшей эволюции на Земле. Овладение человеком различными формами энергии, от механической до электрической и атомной, способствовало значительному изменению земной коры и биогенной миграции атомов. За время своего существования человечество добыло каменного угля около 50 млрд. *т*, железа — 2 млрд. *т* и миллионы тонн других металлов. Все большее и большее количество элементов вводится в миграцию атомов биосферы деятельностью человечества. Особенно это проявилось во время последней войны. Один год ведения войны требует десятки миллионов тонн железа, стали, цемента, нефти, сотни миллионов тонн угля и др.

Человек оказал непосредственное влияние на природу созданием каналов, водохранилищ, увеличением ширины рек, изменением их русла и т. д. Эти новообразования повлияли на климат.

Деятельность человечества сказывается и на изменении состава атмосферы. Населяющие Землю 3 млрд. человек при дыхании ежегодно поглощают 1 млрд. 100 млн. *т* O_2, выделяя 1 млрд. 500 млн. *т* CO_2, съедают органических веществ около 1 млрд *т*. Сжигание каменного угля, дров, торфа, нефти, горючих газов в промышленности поглощает 3,5 млрд. *т* O_2 и выделяет 4 млрд. *т* CO_2 и 20 000 000 млрд. *ккал* тепла. При использовании атомной энергии в биосферу попадают радиоактивные излучения.

Человечество расселилось по всему земному шару. Развитие социальной жизни человека значительно ускорило культурную эволюцию. Эпоха палеолита длилась сотни тысяч лет, а от каменного до атомного века прошло лишь несколько тысячелетий. Человечество стало главнейшей силой, изменяющей процессы в биосфере. Акад. В. И. Вернадский в учении о биосфере полагает, что в настоящее время человечество создает новую оболочку Земли — н о о с ф е р у («разумная оболочка» Земли). Человечество представляет сравнительно небольшую массу в биосфере, но деятельность его грандиозна. Человек уже вышел за пределы биосферы, его космический корабль достиг Луны.

Последствия нарушения природных закономерностей. Всемирная история свидетельствует о том, что человечество не всегда разумно использовало находящиеся в его распоряжении виды энергии. Оно вело опустошительные войны, неправильно и даже порой преступно его отношение к природе. Не зная многих закономерностей природы, нарушая их, человек часто не представляет губительных последствий своей «победы» над природой. «Не будем, однако, слишком обольщаться нашими победами над природой. За каждую такую победу она нам мстит» (Ф. Э н г е л ь с).

Многие государства древнего мира потеряли свое могущество, а иные (Хорезм, страны Сирии, Северной Африки) и совсем исчезли

в результате хищнического отношения к почве. Истощение почв превращает страну в пустыню. Истребление лесов вызывает иссушение, распыление и эрозию почв. Велика роль леса в природе, в народном хозяйстве. Лес задерживает ветры и испарением воды смягчает климат. Вместе с тем лес замедляет таяние снега, и талая вода постепенно увлажняет поля. Вследствие этого в реках сохраняется постоянный уровень воды и весной не бывает наводнений. Особенно нужны леса в горах. Переплетенные корни деревьев предохраняют почву от размыва, задерживают потоки, препятствуют образованию оврагов.

Хищническое истребление лесов привело к тому, что, например, во Франции в XVIII веке было 17 млн. *га* леса, в XIX веке осталось 8 млн. *га*. Сжигающий поля ветер — сирокко — распространился в Италии в результате уничтожения лесов в Апеннинах. Последствия истребления лесов — наводнения, сели (грязевые потоки с гор), смыв почвы и иссушение ее — сказываются во всех странах.

Приведенные примеры и [illegible] факты говорят о необходимости охраны и возобновления лесов.

Наряду с этим требуется охрана чистоты вод. Промышленные предприятия, используя воду, иногда спускают в реки и озера отходы, ядовитые и вредные [illegible] здоровья человека. По этой причине во многих [illegible] рыбы, растения и животные. При устройстве [illegible] не учитывают того, что уже миллионы лет против [illegible] к их истокам стаи целых видов рыб для нереста. В [illegible] прекращается воспроизводство рыбы. Заводы и фабрики задымляют атмосферу.

Испытание ат[illegible] безответственное отношение к отходам производств, [illegible] энергии, приводят к повышенной радиоактивности [illegible] почв. Радиоактивность передается цепью питания [illegible], так и на суше. Радиоактивность в первую очередь поража[illegible] обитателей дна, от планктона по цепи питания [illegible] рыб. Рыбоядные птицы переносят радиоактивность на сушу. При гниении отбросов она передается бактериям. Накопление радиоактивных веществ в костном мозге приводит к белокровию, раковым заболеваниям. Чрезмерно повышенная радиоактивность воздуха, воды и почв и аккумуляция ее в различных живых организмах могут привести к массовому появлению нежизнеспособных, больных особей и к уродствам среди растений, животных и людей, многие из которых передаются по наследству.

По цепям питания происходит и отравление человека ДДТ и другими ядовитыми веществами. Опыление ДДТ растений уничтожает не только вредных насекомых, но и пчел, дождевых червей, птиц, в водоемах губит рыб. Яды, попадая на ягоды, овощи, с травой в мясо и молоко рогатого скота, накапливаются в организме человека, вызывая заболевания. На каждом шагу можно встретить и вредные проявления миграции атомов через цепи питания организмов.

Охрана природы. В настоящее время во всем мире возникла крайняя необходимость наладить разумное развитие производств, потребление энергии и использование природных богатств, не нарушая

закономерностей, существующих в биосфере. Нужна охрана чистоты воздуха, воды, почвы, живой природы на основе биологических знаний. Появилась новая наука — геогигиена, руководствующаяся учением о биосфере. Санитарная охрана биосферы стала важнейшей проблемой всего человечества.

В 1960 году Верховный Совет РСФСР издал закон «Об охране природы в РСФСР». Аналогичные законы изданы и в других союзных республиках. Теперь стоит вопрос не о покорении природы, а о мире с природой.

Хищническое истребление рыбы во время нереста, массовое вылавливание мальков, отстрел птиц и пушных зверей в период воспитания потомства приводят к катастрофическому уменьшению природных богатств. За 2 тыс. лет исчезло 106 видов крупных млекопитающих, а за последние 50 лет — 40 видов.

В настоящее время на основе изучения экологии пищевых цепей изменено отношение к животным-хищникам. Их роль можно представить примерно в такой цепи. Истребление хищных птиц приводит к размножению змей, которые уничтожают лягушек, поедающих саранчу. Саранча, размножаясь, уничтожает посевы. Волки ловят слабых и больных особей, предотвращая этим эпидемические заболевания оленей и других животных. Совы, ласицы, волки, выдры и другие хищники выполняют своего рода санитарную службу в природе.

Неиссякаемыми кажутся воспроизводящие силы природы, но им необходимо разумное содействие человека, вооруженного знанием биологических закономерностей. Только при этом условии природные богатства будут преумножаться. Для сохранения в неприкосновенности ландшафтов с интересными биоценозами, редкими растениями и вымирающими животными созданы заповедники и заказники. Первые заповедники в СССР были созданы по указанию В. И. Ленина, придававшего большое значение охране природы.

Организован Международный союз охраны природы и природных ресурсов. Заключено международное соглашение между 50 странами о регулировании китобойного промысла и лова ценных рыб в океане. Изобретены газо- и дымоуловители, очистители вод. Но еще много проблем гигиены Земли предстоит решить.

Вопросы и задания

1. Что такое ноосфера? 2. Какие формы энергии постепенно вводятся человечеством?
3. Приведите примеры геологических изменений, произведенных человеком на Земле.
4. К каким последствиям приводит истребление лесов?

§ 83. Биология и проблемы техники

Бионика. В последние годы появился большой интерес к биологии у представителей точных наук: математики, физики, химии, геологии, радиологии, кибернетики и др. Возникли новые науки: биофизика, биохимия, биогеохимия, радиобиология, космическая биология, бионика. Получило всеобщее признание положение о том, что в природе за длительную эволюцию выработались в организмах такие со-

вершенные механизмы и приспособления, которые для техники являются пока еще не достижимым идеалом. Недавно возникшая наука **бионика** («бион»—элемент жизни, *греч.*) открывает в живых организмах интересные образцы для изучения и подражания при конструировании технических аппаратов. Бионика — наука, изучающая возможности применения в технике принципов организации и функций живых организмов. За миллионы лет до современных изобретений в природе существовали организмы, движение которых основывалось на принципах реактивного передвижения [illegible] и локации (полет летучих мышей в темноте, [illegible] дельфинами косяков рыб на расстоянии 3 *км*). [illegible] уже созданы много аппаратов на основе [illegible] строения органов животных.

По принципу строения [illegible] создан гидрофон для улавливания звуков [illegible], [illegible] строение глаза [illegible] натолкнуло на конструкцию [illegible] скорость движения самолета, и т. д. [illegible], как птицы ориентируются при дальних перелетах [illegible] от о. Тристан-да-Кунья до Гренландии, [illegible] — из Японии в Австралию — 5000 *км*). Рыбы при миграции преодолевают большие расстояния (сельдь—1700 *км*, [illegible] Атлантический океан и Северное море).

Внимание [illegible] гибкость, конструктивность мускулатуры [illegible] насекомых, обеспечивающие [illegible]. Пчелы делают крыльями от 180 до 280 взмахов [illegible] Сахару за 30 часов, [illegible] в 3 секунды. Достаточно сравнить не абсолютную скорость, а [illegible] с учетом длины тела животного, чтобы [illegible] самолета. С [illegible] скоростью передвигается [illegible] пробегает [illegible] в час, лось — 72, страус [illegible] — 110, [illegible] 108 [illegible].

Поразительны [illegible] и точность посадки в гнездо и взлета любой птицы. [illegible] быстрота и бесшумность погружения и поднятия [illegible] рыбы по сравнению с подводной лодкой. В настоящее время изучается эластичность кожи дельфина, преодолевающей тормозящее движение воды.

Счетные машины по сравнению с мозгом человека чрезвычайно громоздки и неэкономичны. В небольшом по объему мозгу около 14 млрд. клеток и 10 триллионов нервных волокон. Кибернетическая машина с таким количеством элементов имела бы размеры небоскреба, высотой в 100 *м*, с основанием в 100 $м^2$, и потребовала бы электроэнергии 1 млн. *квт*. Исследования в области бионики имеют большое значение не только для техники, но и для биологии, поскольку позволяют понять более точно механизм функций тех или иных органов животных и растений.

Искусственные биосистемы обмена веществ. Для жизни людей в предельных условиях биосферы (на Крайнем Севере, в Антарктике, на Скалистых островах), где отсутствует почва и нет возможности получать свежие витаминные растения, потребовались особые способы их выращивания. За основу взята водная культура

растений, но автоматически обеспечиваемая необходимыми условиями. Система выращивания растений без почвы получила название **гидропоники** («гидро» — вода, «поника» — работа, *греч.*). Выгодно устраивать гидропонические теплицы около заводов, где для отопления можно использовать отходы горячей воды, для удобрения воздуха — очищенный CO_2 из топок, промытый шлак вместо почвы. Бетонированные резервуары загружают шлаком или гравием, куда и высаживают растения. Резервуары периодически заполняются раствором минеральных солей, и корни аэрируются. Зимой применяется освещение лампами дневного света и поддерживается постоянная температура, воздух насыщается повышенным (до 2%) количеством CO_2. Все эти условия создаются автоматически. Гидропоника освобождает человека от трудоемких работ с почвой и позволяет организовать производство сельскохозяйственных продуктов по фабричному типу. Особенное значение приобретают искусственные биосистемы, обеспечивающие обмен веществ и получение большого количества растительной массы определенного состава при выращивании одноклеточных водорослей.

Микроскопическая водоросль пресноводного планктона хлорелла (зеленушка) привлекла внимание ученых своей наибольшей фотосинтетической способностью. Хлорелла использует в искусственных условиях до 12% световой энергии (в естественных — до 3,5%). Урожай хлореллы бывает в среднем 10 *г* с 1 $м^2$ в сутки, что составит за 5 летних месяцев 15 *т* сухого вещества (до 7,5 *т* белка) с 1 *га*, а при круглогодичном возделывании — в 25 раз больше среднего урожая пшеницы и в 10 раз больше картофеля.

С хлореллой, спирулиной (сине-зеленой, нитчатой) и другими водорослями в какой-то мере связано и осуществление дальних космических полетов. Для человека в день необходимо 500—700 *л* кислорода, 1 *л* воды и 2 *кг* (или 500 *г* в сухом виде) продовольствия. При долгих полетах это составляет очень большие по весу и объему величины. Поэтому в кабине космонавтов следует создавать необходимую атмосферу и пищу, т. е. нужен миниатюрный круговорот веществ.

Подходящим растением для создания такого круговорота веществ может быть хлорелла. При быстром ее размножении в 1 *л* воды получается в день 55 *г* сухой продукции. Хлореллами можно кормить дафний, а ими быстро растущих рыбок. Таким образом, в замкнутом мирке кабины устанавливается круговорот веществ и цепь питания. Для утилизации конечных продуктов выделения необходимо включение в круговорот бактерий и некоторых физико-химических средств. Создание управляемого круговорота веществ в замкнутом пространстве позволит осуществить длительные полеты человека в космических кораблях и пребывание его на Луне и других планетах, не имеющих атмосферы.

Перед новой наукой — космической биологией — стоит много проблем: обеспечение человека необходимыми для жизни в космосе условиями; преодоление опасности радиации; повышение устойчивости человеческого организма в условиях невесомости, ускорения

движения, малой подвижности и т. п.; изучение психофизиологических возможностей человека по управлению космическим кораблем; изучение развития растений и животных в условиях космического полета; исследование возможных форм живой материи в условиях их существования в космосе. Многие из этих проблем уже решены.

Перспективы развития биологии. Первая половина XX века ознаменовалась величайшими открытиями в области физики. Атомным веком назвали это время. Новые открытия биологической науки, имеющие целью удовлетворение насущных потребностей человеческого общества, дают возможность говорить о наступлении века биологии. И это вполне закономерно, поскольку жизнь есть высшая форма движения материи.

В настоящее время в СССР и других социалистических странах стоит проблема всемерного улучшения жизни человека. В связи с этим исключительное значение приобретает дальнейшее развитие науки о жизни — биологии. Главнейшая ее задача — обеспечить питанием человечество, которое к 2000 году увеличится вдвое. Большое количество продуктов питания содержит Мировой океан, и открываются широкие возможности не только использования их, но и воспроизводства. Вылавливают около 0,3% годового прироста животных океана: китов, рыб, моллюсков. Громадные резервы питания представляют планктон и прибрежные водоросли, содержащие большой процент белков и жиров. Биологам предстоит решить вопрос о планомерном воспроизводстве как водорослей, так и животных в океане.

В Японии выращивают в настоящее время водоросли определенных видов у побережья океана. На плавающих бамбуковых стеблях японцы создают целые плантации съедобных водорослей. В воду моря с растущими водорослями вносят минеральные удобрения.

Особенное значение имеют последние тщательные исследования глубин океана и возможностей жизни человека под водой. Жак Ив Кусто и сотрудники Океанографического института в Монако проводят с этой целью опыты в специальных домах на глубине 100 м. В таких домах океанавты живут под водой неделями, выплывая с аквалангами для исследований на глубину до 200 м. Они пользуются плоской круглой подводной лодкой для двух человек, названной ныряющим блюдцем, своего рода подводным автомобилем. Под руководством Кусто изобретено несколько подводных домов, опускаемых все глубже и глубже. Подводный дом «Преконтинент-5» предположено опустить на 300 м. Цель проводимых исследований — создание вблизи Марселя первого подводного городка. Исследование морских глубин проводится в СССР и во многих странах мира. Пребывание человека на дне моря даст возможность культивировать водоросли, животных, добывать полезные ископаемые.

Во многих странах, в частности в США, испытывается в городах недостаток пресной воды, поскольку промышленность потребляет ее в 6 раз больше, чем население. Решается вопрос о получении пресной воды из морской, а также о добывании из нее металлов и др. ценных элементов.

Возникает необходимость создания высокопродуктивных экологических систем, поддерживаемых человеком, а также устойчивых насаждений (биоценозов), защищающих от ветров, засухи, песков, ливней, селей, эрозии почв и т. п. Вместе с тем нужно ограничение хищнического использования природных ресурсов.

Особенное значение приобретает исключение вредных отходов промышленности из круговорота веществ.

Управление наследственностью позволит получить сорта высокопродуктивных животных и высокоурожайных растений. Интродукция, акклиматизация и селекция все более и более мобилизуют растительные и животные ресурсы всего мира.

Другая группа проблем касается гигиены жизни человека и медицины. В связи с открытиями последних лет в области генетики получила особенное развитие селекция микроорганизмов, необходимых для организации фабричного производства антибиотиков, витаминов, стимуляторов роста. Изучение строения, обмена веществ и наследственных основ клетки помогает решать вопросы предотвращения многих заболеваний. Сам человек, его организм при полноценном питании, нормальных условиях жизни и труда приобретет здоровье и долголетие.

Биология оказывает влияние на технику, которая на основе изучения живых организмов создает экономично и бесшумно действующие механизмы, не раздражающие нервную систему человека. Распространение и усвоение биологических знаний не только повлияет на охрану природы, но и станет необходимой основой при плановом использовании и воспроизводстве ее богатств.

Без знания биологии немыслимо проектирование изменения русла рек, создания водохранилищ, постройки ГЭС и заводов, обрабатывающих естественное сырье. При всех народнохозяйственных решениях нужен учет последствий природных изменений — влияния их на климат, человека, животный и растительный мир. «Культура, если она развивается стихийно, а не направляется сознательно, оставляет после себя пустыню» (К. Маркс).

Человек, управляющий мощной техникой и энергией, вызывает громадные изменения в биосфере и расширяет ее пределы. Биологические знания позволяют совершать это разумно, планово, предусматривая последствия.

Вопросы и задания

1. Какие аппараты, моделирующие органы животных, известны вам из книг и журналов? 2. Какой круговорот веществ в космическом корабле необходим для организма человека? 3. Какое значение имеют биологические знания в жизни человека и будущего человеческого общества?

ОГЛАВЛЕНИЕ

РАЗДЕЛ III

ОСНОВЫ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ

РАЗДЕЛ IV

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ОРГАНИЗМА И СРЕДЫ





Таблица I Различные породы домашних кур и их дикий предок

верхний ряд (слева направо) — банкивские куры (дикие), белая московская; *средний ряд* — первомайская, ливенская, *нижний ряд* — род-айленд, бойцовая порода.



Таблица II. Различные породы голубей и их дикий предок: *верхний ряд (слева направо)* — дутыш, турман, якобинец, *нижний ряд* — павлиний (трубастый) голубь, дикий скалистый голубь



Таблица III. Примеры покровительственной и предупреждающей окраски.

бабочка орденская лента с распростертыми крыльями *(3)*, она же со сложенными крыльями, сидящая на коре *(2)*, бабочка влиесса С белое со сложенными крыльями среди листьев *(1)*, она же с распростертыми крыльями *(6)*; гусеница ольховой стрельчатки *(4)*; красноклоп обыкновенный *(7)*; гусеница винного бражника *(5)*; паук аргиоп *(8)*.



Таблица IV. Маскировка:

вверху — богомол, форма и цвет тела напоминают листья злака; *внизу* — палочник, форма и цвет тела напоминают веточки дерева.



Таблица V.

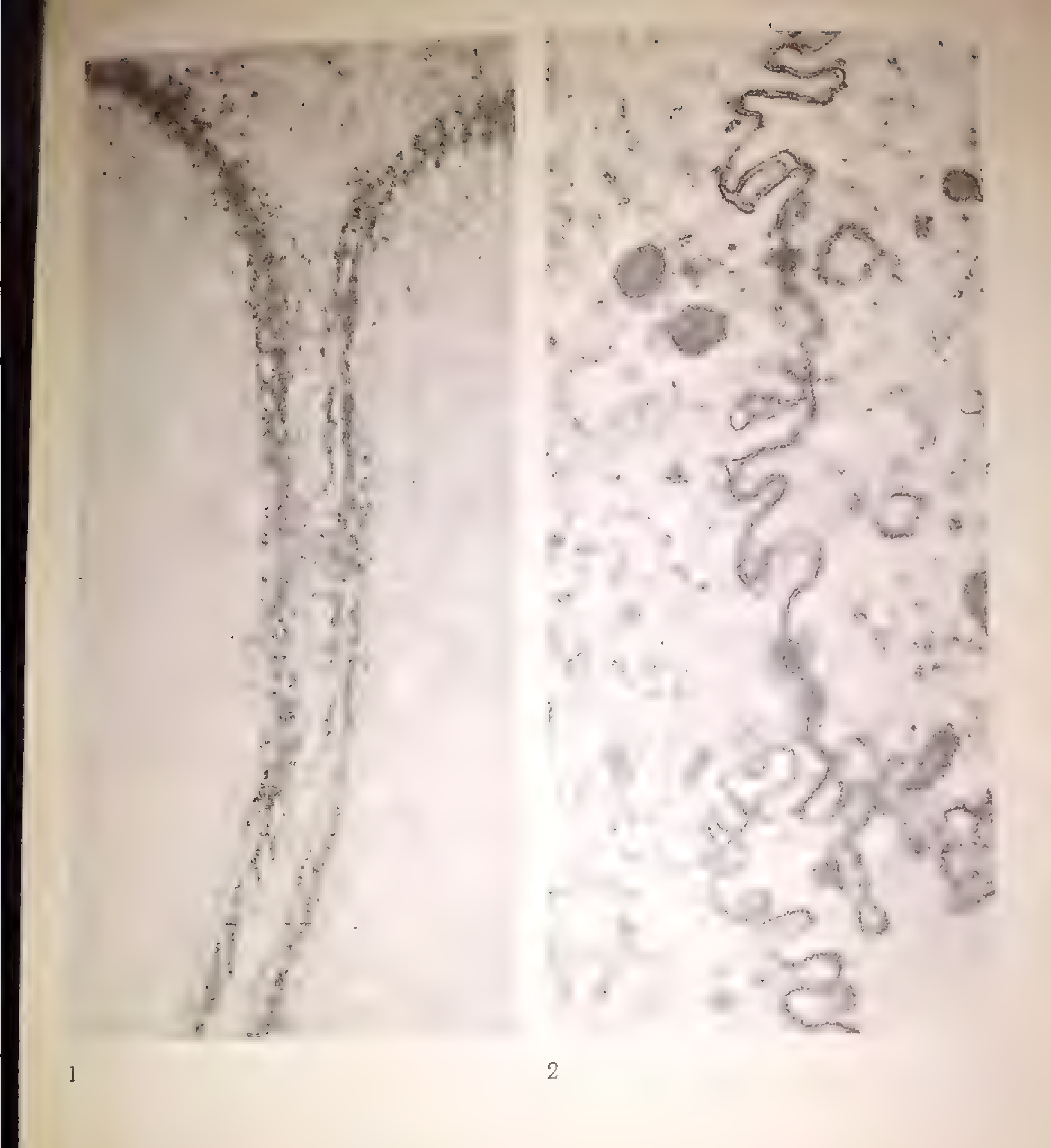
Мимикрия: гусеница сливовой пяденицы на ветке *(1)*; бабочка ивовая стеклянница *(2)* подражает шершню *(3)*; цветочная муха *(4)* подражает шмелю *(5)*. Покровительственная окраска: тропическая бабочка каллима *(6)*, она же со сложенными крыльями *(7)*. Позы угрозы. гусеница гарпии вилохвоста *(8)*; гусеница букового вилохвоста *(9)*.

Таблица VI.

Вверху — австралопитеки. Вооружение — палки, острые камни, рога и кости (реконструкция). *Внизу* — кроманьонцы — стоянка (реконструкция).



Таблица VII. Схема строения клетки по данным электронного микроскопа.



1 2

Таблица VIII.

1. Электронномикроскопическая фотография мембран двух клеток нервного волокна. Видно трехслойное строение каждой мембраны. Увелич. 400 000. *2.* Электронномикроскопическая фотография мембран двух соседних клеток. Хорошо видны складки и выросты наружной мембраны, увеличивающие прочность соединения клеток. Увелич. 30 000.



1

2

Таблица IX.

1. Электронномикроскопическая фотография митохондрий. Видны наружная и внутренняя мембраны, гребни внутренней мембраны. *2.* Лизосома. Электронномикроскопическая фотография. Увелич. 63 000.

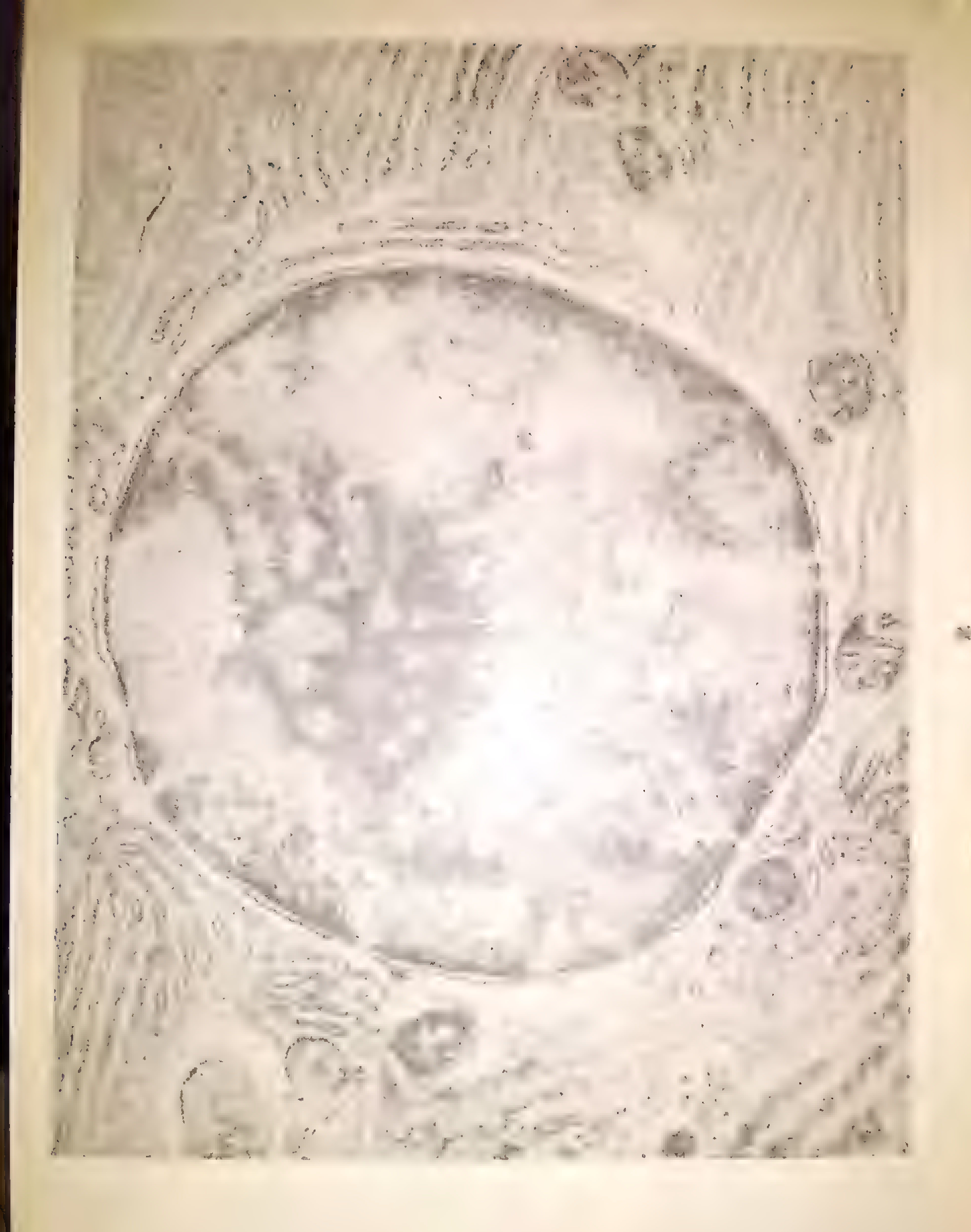


Таблица X.

Электронномикроскопическая фотография ядра и участков эндоплазматической сети, расположенной в цитоплазме. Видны каналы и более крупные полости эндоплазматической сети. Видна также ядерная оболочка с порами, кариоплазма и ядрышко.



Таблица XI.
Электронномикроскопическая фотография хлоропласта. Видны гранны. Увелич. 40 000.



Таблица XII.

1. Шероховатая эндоплазматическая сеть с рибосомами (округлые темные тельца) на поверхности ее мембран. Электронномикроскопическая фотография. Увелич. 70 000.

2. Аппарат Гольджи в нервной клетке.



Таблица XIII.
Электронномикроскопическая фотография частиц вируса табачной мозаики, которые имеют форму палочек. Увелич. 750 000.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

АТОМЫ

- ВОДОРОД
- УГЛЕРОД
- АЗОТ
- КИСЛОРОД
- СЕРА

ОСТАТКИ АМИНОКИСЛОТ

- ГЛИЦИН
- АЛАНИН
- ВАЛИН
- ЛЕЙЦИН
- ИЗОЛЕЙЦИН
- АСПАРАГИНОВАЯ КИСЛОТА
- ГЛУТАМИНОВАЯ КИСЛОТА
- СЕРИН
- ТРЕОНИН
- ЛИЗИН
- АРГИНИН
- ГИСТИДИН
- ТИРОЗИН
- ФЕНИЛАЛАНИН
- ЦИСТЕИН
- МЕТИОНИН
- ПРОЛИН

СВЯЗИ

- ПЕПТИДНЫЕ
- ДИСУЛЬФИДНЫЕ

Таблица XIV. Рибонуклеаза.

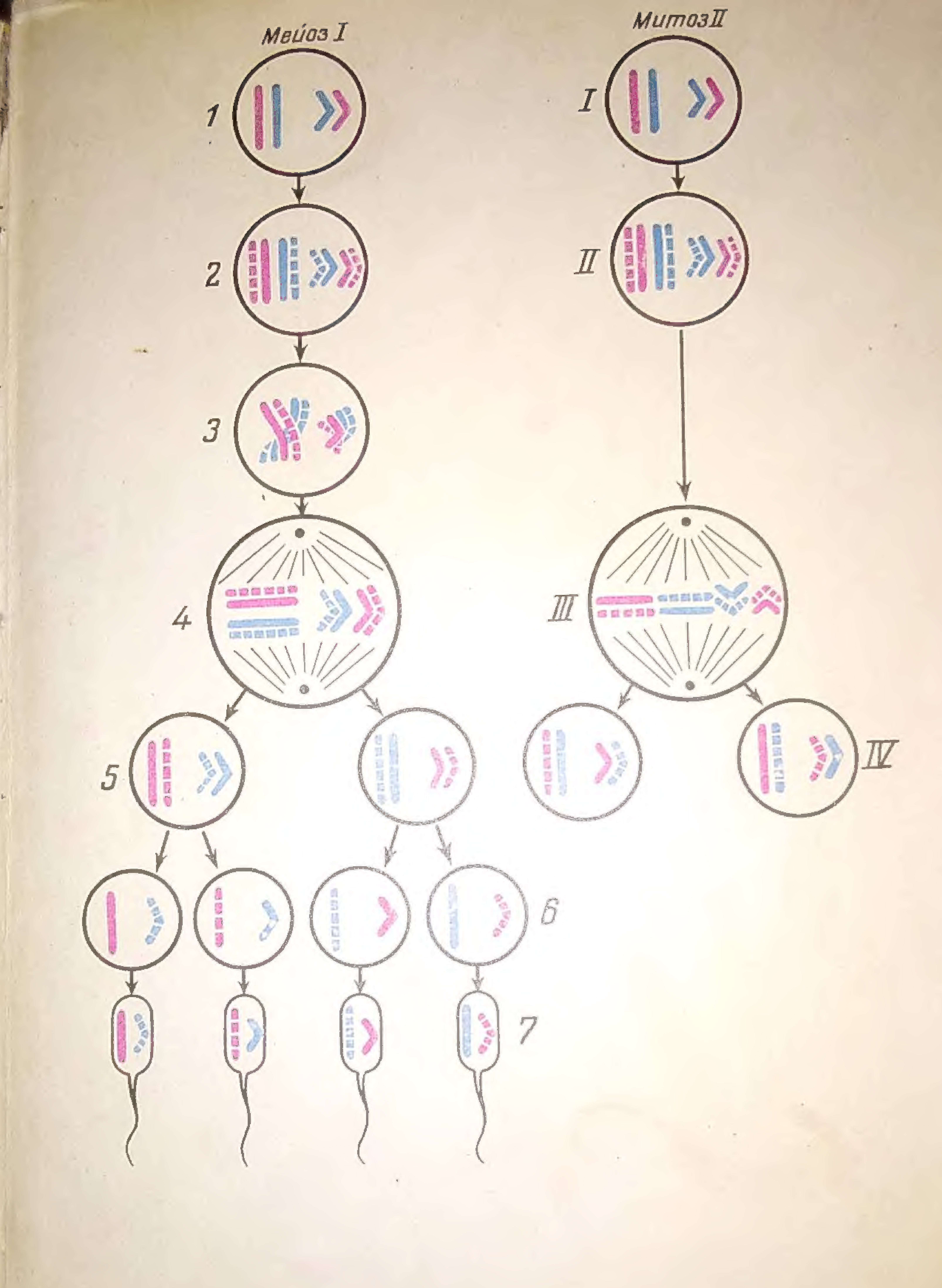
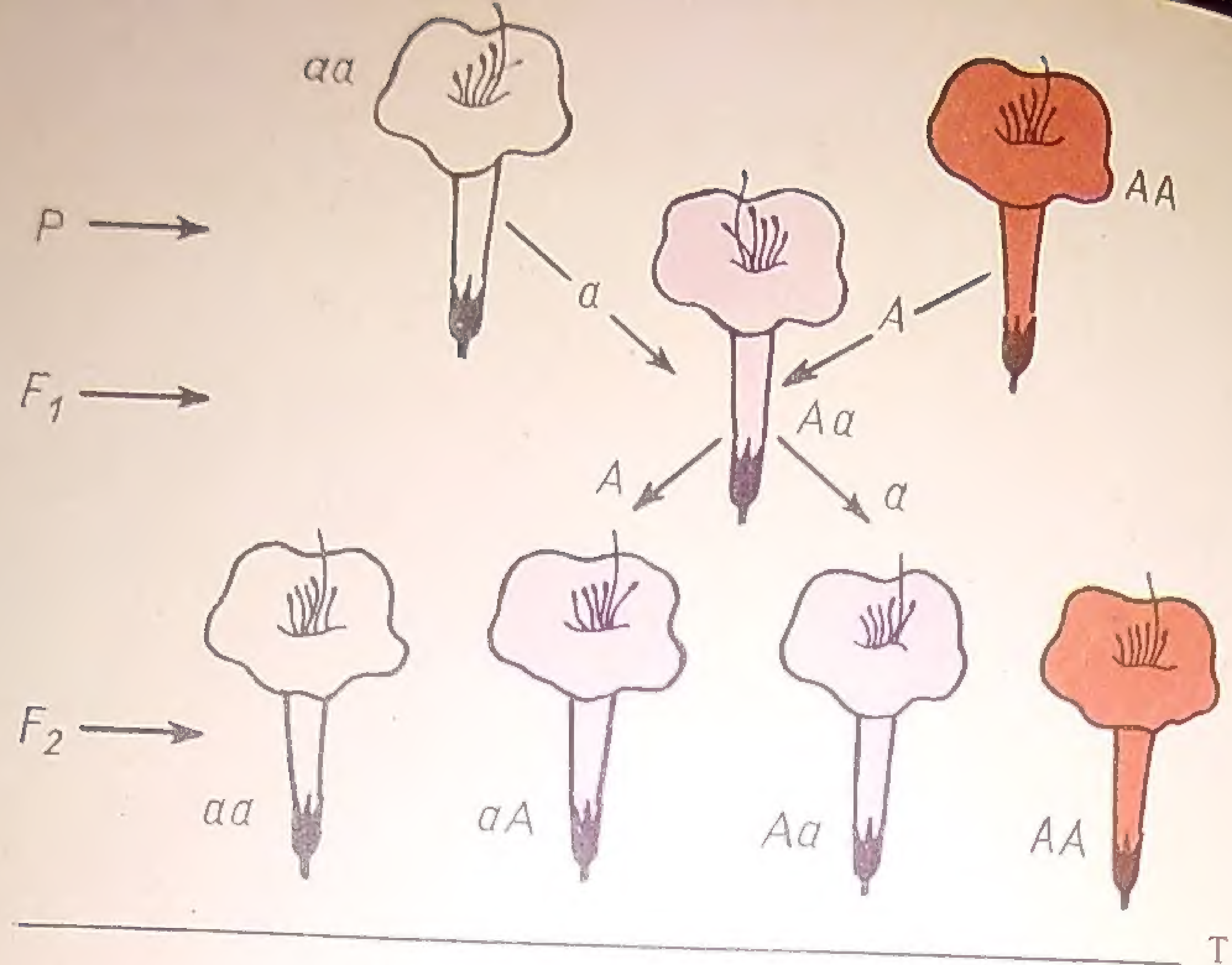


Таблица XV. Схема созревания половых клеток (мейоз, или редукционное деление).



P → AABB aabb

Гаметы AB ab

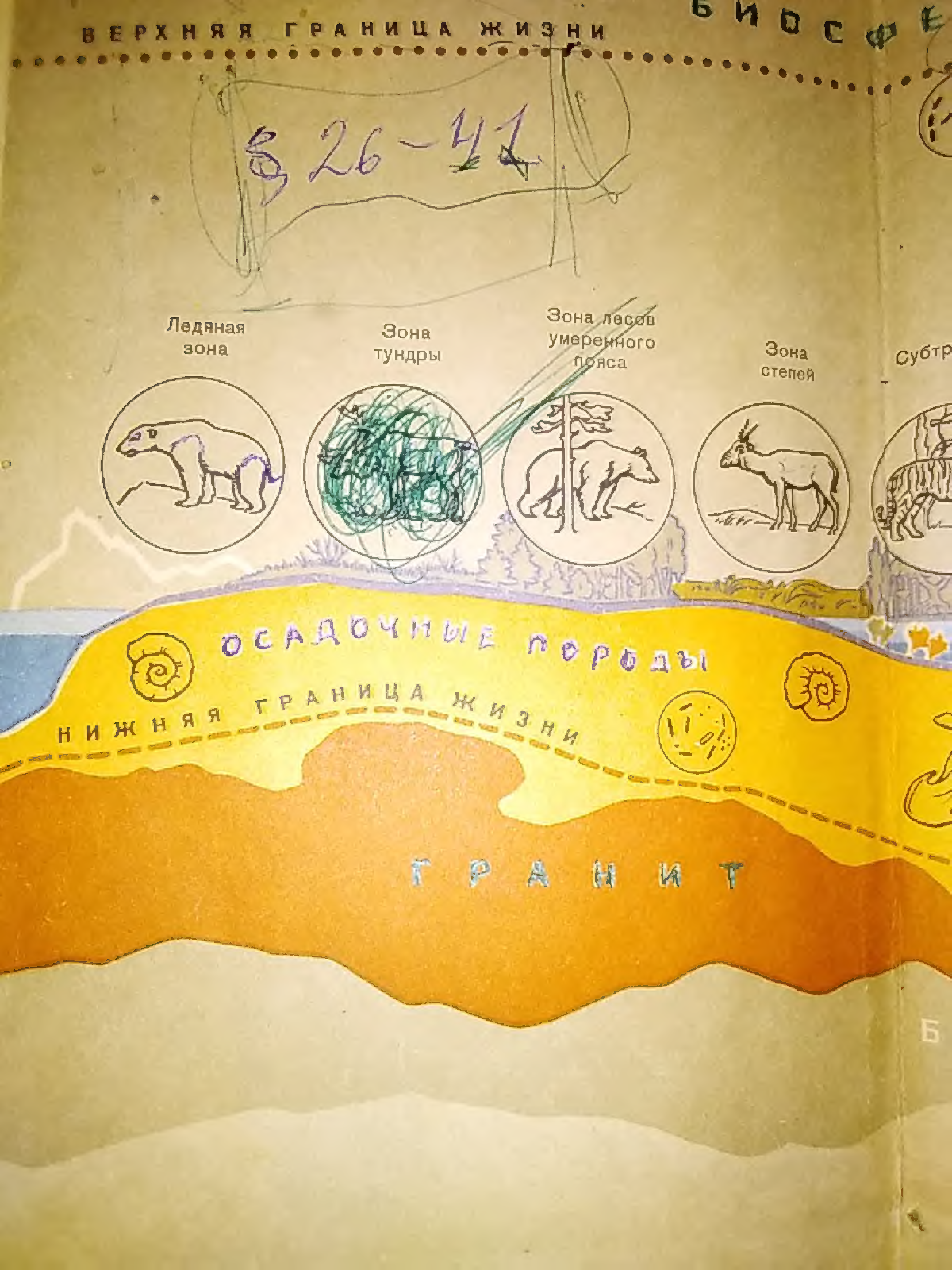
F_1 → AaBb

Гаметы → AB Ab aB ab

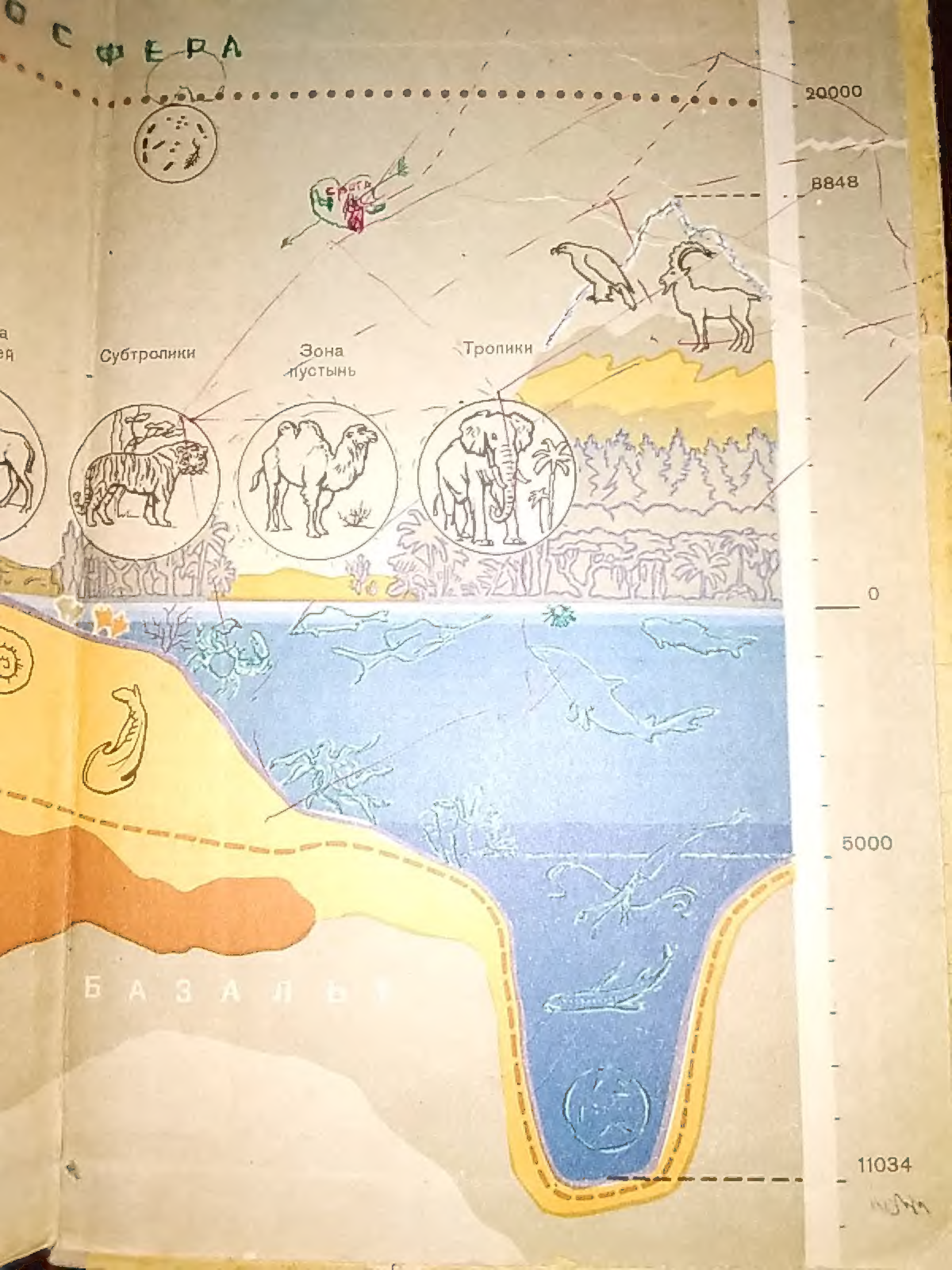
F_2 →

	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Таблица XVI.
Вверху — моногибрид[...] скрещивание ночной к[...] савицы. *Внизу* — диги[...] ридное скрещивание [...] роха.



БИОСФЕ
ВЕРХНЯЯ ГРАНИЦА ЖИЗНИ
§ 26-41
Ледяная зона
Зона тундры
Зона лесов умеренного пояса
Зона степей
Субтр
ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ
НИЖНЯЯ ГРАНИЦА ЖИЗНИ
ГРАНИТ
Б



ОСФЕРА
20000
8848
Субтропики
Зона пустынь
Тропики
0
5000
11034
БАЗАЛЬ